



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet strojarstva i brodogradnje

# ZAVRŠNI RAD

Stjepan Razum

Zagreb, 2012.



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet strojarstva i brodogradnje

# ZAVRŠNI RAD

Mentor:

prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić, dipl. ing.

Student:

Stjepan Razum

Zagreb, 2012.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Stjepan Razum

**SADRŽAJ:**

1.	Uvod .....	1
2.	Proces i procesni pristup upravljanja proizvodnjom .....	2
2.1.	Definicija procesa .....	2
2.2.	Podjela aktivnosti u procesu .....	3
2.3.	Proizvodni i uslužni procesi .....	4
2.3.1.	Uslužni procesi .....	5
2.3.2.	Proizvodni procesi .....	5
2.4.	Proizvodnja .....	6
2.5.	Procesni pristup upravljanju proizvodnjom .....	6
2.5.1.	Procesni pristup proizvodnji .....	6
2.5.2.	Proizvodna funkcija .....	7
2.5.3.	Proizvodna strategija .....	7
3.	Načela vitke proizvodnje .....	9
3.1.	Pet osnovnih principa lean proizvodnja .....	9
3.2.	Sedam vrsta gubitaka u proizvodnji .....	11
4.	Lean alati .....	14
4.1.	Lean alat „5S“ .....	15
4.2.	Lean alat „KAIZEN“ .....	16
4.3.	Lean alat „JIDOKA“ .....	18
4.4.	Lean alat „Poka yoke“ .....	19
4.5.	Lean alat „KANBAN“ .....	19
4.6.	Lean alat „SMED – Single Minute Exchange of Die“ .....	20
4.7.	Lean alat „ANDON“ .....	20
5.	Mapiranje toka vrijednosti – VSM (Value stream mapping) .....	21
5.1.	Općenito o mapiranju toka vrijednosti .....	21
5.1.1.	Koraci tijekom mapiranja toka vrijednosti .....	23
5.1.1.1.	Izrada mape toka vrijednosti postojećeg stanja .....	23
5.1.1.2.	Izrada mape toka vrijednosti budućeg stanja .....	26
6.	Primjena alata vitkog menadžmenta na proizvoljno odabranom poduzeću .....	27
6.1.	Osnovni podaci o tvrtki .....	27
6.1.1.	Povijest tvrtke ROTOMETAL promet d.o.o. ....	27

---

6.1.2. Proizvodni program tvrtke .....	28
6.2. Mapiranje toka vrijednosti na konkretnom primjeru .....	30
6.2.1. Opis procesa od narudžbe do isporuke: ZATEČENO STANJE .....	33
6.2.2. Prijedlozi za poboljšanje procesa i izrada mape BUDUĆEG STANJA .....	36
6.3. Usporedba zatečenog i budućeg stanja .....	41
7. Zaključak.....	42
IZVORI SLIKA: .....	43
LITERATURA:.....	44

**Popis slika:**

Slika 1. Prikaz procesa .....	2
Slika 2. Henry Ford.....	2
Slika 3. Procesni pristup poduzeću.....	6
Slika 4. Proizvodna strategija izvor.....	8
Slika 5. Pet osnovnih principa leana.....	10
Slika 6. Sedam vrsta gubitaka u proizvodnji.....	11
Slika 7. TPS kuća - Lean proizvodnja.....	14
Slika 8. PDCA ciklus.....	17
Slika 9. Tkalački stan Sakichija Toyode .....	18
Slika 10. Primjer Poka yoke: disketa.....	19
Slika 11. Primjer ANDON signalizatora .....	21
Slika 12. Osnovna struktura mape vrijednosti .....	22
Slika 13. Prikaz vremenske linije unutar VSM-a .....	22
Slika 14. Koraci kod mapiranja toka vrijednosti .....	23
Slika 15. Osnovni znakovi za crtanje VSM mape .....	24
Slika 16. Primjer kupca i njegovih zahtjeva .....	25
Slika 17. Označavanje paralelnih procesa .....	26
Slika 18. Lokacija proizvodnog pogona .....	27
Slika 19. Plutajući sistem za uzgoj ribe .....	28
Slika 20. Uređenje interijera.....	28
Slika 21. Kotlovi za mjerne transformatore.....	29
Slika 22. Steznik za energetske transformatore.....	29
Slika 23. Pomična konstrukcija bazena .....	30
Slika 24. Mapa toka materijala i informacija zatečenog stanja.....	32
Slika 25. Prikaz mape budućeg stanja .....	40

**Popis tablica i grafova:**

Tablica 1. Tradicionalni i LEAN pristup .....	10
Tablica 2. Usporedba zatečenog i budućeg stanja .....	41
Graf 1. Zastupljenost aktivnosti u poduzeću.....	4

## Sažetak

Tema Završnog rada je „Mapiranje uslužnih procesa“, odnosno mapiranje toka vrijednosti (VSM – value stream mapping). Mapiranje toka vrijednosti je lean alat koji služi za vizualnu prezentaciju toka materijala i informacija kroz proizvodni sustav. Mapiranjem procesa dobivamo sliku o svim gubicima, nepotrebnim kretanjima te uskim grlima u proizvodnji. Pošto je tržište danas postalo globalno i zahtjevi kupaca su sve veći potrebno je ovim ili nekim od preostalih alata vitke proizvodnje eliminirati gubitke iz proizvodnog sustava što je i primarna zadaća lean pristupa proizvodnji. Uvod u Završni rad nam govori o počecima nastanka vitke proizvodnje, tko je zaslužan za njezino nastajanje te kada se počinje širiti po Europi. U drugom poglavlju će biti definiran proces, vrste procesa, proizvodnja te procesni pristup upravljanja proizvodnjom. Slijedi treće poglavlje u kojem će biti opisani osnovni principi leana, biti će dane razlike između tradicionalnog i lean pristupa proizvodnji te sedam vrsta gubitaka koji se javljaju u proizvodnji. U četvrtom poglavlju TPS kućom dan je prikaz osnovnih alata vitke proizvodnje. Najpoznatiji i najznačajniji alati su kratko opisani te je za svaki od alata dan konkretan primjer ili situacija u kojoj se alat primjenjuje. Pošto je tema završnog rada „Mapiranje toka vrijednosti“ peto poglavlje je posvećeno upravo toj temi te je u sklopu njega opisan taj alat lean proizvodnje. Detaljno će biti dan prikaz i koraci izrade mape trenutnog i budućeg stanja toka vrijednosti. Peto poglavlje će se nastaviti i u šestom samo što će šesto poglavlje uz teoretski dio sadržavati i praktični dio. Praktični dio odnositi će se na primjenu mapiranja toka vrijednosti u poduzeću „Rotometal promet d.o.o.“. Taj dio sastojati će se od prikupljanja i analize podataka te uz pomoć njih crtanja mape postojećeg stanja procesa. Uz pomoć mape postojećeg stanja lakše će se uvidjeti greške i gubici u procesu te će na temelju toka biti predloženi mogući oblici poboljšanja i nacrtana mapa budućeg stanja procesa. Rad završava usporedbom i zaključkom o uspješnosti implementacije mapiranja toka vrijednosti unutar odabranog proizvodnog sustava.



## 1. Uvod

U današnje vrijeme kako bi osigurale svoje mjesto „pod suncem“ tvrtke koje posluju na globalnom tržištu primorane su tražiti organizacijske pristupe koji će im omogućiti uspješno i profitabilno poslovanje s obzirom na konkurenciju. Tako se u zadnjih pedesetak godina intenzivno razvijaju različiti pristupi (metode, koncepcije, sistemi, modeli...) upravljanju poslovnim procesima.

Jedan od organizacijskih pristupa je i Lean (engl. Lean – vitak) pristup upravljanja poslovanjem tvrtke. Lean sustav se uvlači u sve tokove upravljanja, pa tako postoji: **Lean management**, Lean u održavanju, Lean u administraciji, itd.

**LEAN MANAGEMENT** (hrv. *vitka proizvodnja*) proizvodna je filozofija čiji krajnji cilj jest kontinuirano poboljšanje procesa proizvodnje i pružanja usluga. Ona je relativno novog vijeka. Razvijena je u Toyoti, u Japanu, pod nazivom **TPS - Toyota Production System** tridesetih godina prošlog stoljeća. Zastupljenost leana značajno dolazi do izražaja početkom devedesetih godina kada se na zapadu počinju uviđati prednosti japanske proizvodnje te se one nastoje kopirati. Tek tada krenula su istraživanja o japanskom načinu proizvodnje, pisane su knjige o tome od kojih je za popularizaciju lean koncepta najvažnija ona pod naslovom „Lean Thinking“ autora Jamesa P. Womacka i Daniela T. Jonesa, te su rađena istraživanja i analize. Uvele su ga mnoge tvrtke, bilo proizvodne ili uslužne, prepoznavši u njemu teorijske i praktične prednosti u odnosu na tradicionalni pristup proizvodnji sa željom unapređenja procesa rada i dizanja vlastite tvrtke na višu, konkurentniju razinu.

*Lean*, kako i sam naziv preveden s engleskog jezika govori, jest vitka proizvodnja u svim pogledima. Ona zagovara eliminaciju svih gubitaka, nastoji skratiti vrijeme ukupnog rada, cilj joj je olakšati rad radnicima, svesti broj pogrešaka na minimum, približiti im proizvodnju, pokazati im smisao, traži sudjelovanje svih zaposlenika u djelovanju tvrtke ne zapostavljajući pri tome ničije mišljenje te stvara ugodnu atmosferu na radnom mjestu s pozitivnim rezultatima poslovanja. *Lean* daje jedan novi pogled na procese u proizvodnji. Gubitkom se smatra sve što ne donosi direktnu vrijednost i takve procese treba uočiti, pratiti i nastojati ih eliminirati ili barem skratiti i poboljšati. *Lean* nije alat koji se jednom uvodi i tada funkcionira, već je potrebno kontinuirano provoditi i pratiti sve lean funkcije kako bi se došlo do željenog rezultata.

U ovom Završnom radu dane su osnovne značajke lean proizvodne filozofije i opisani su alati kojima se služe uspješna poduzeća koja koriste lean pristup proizvodnji. Detaljnije je obrađen alat mapiranja toka vrijednosti (eng. - *value stream mapping*), te je pomoću tog lean alata analizirano trenutno stanje u poduzeću „Rotometal promet d.o.o.“ te nakon analize trenutnog stanja dani prijedlozi unapređenja i poboljšanja poslovanja istog.

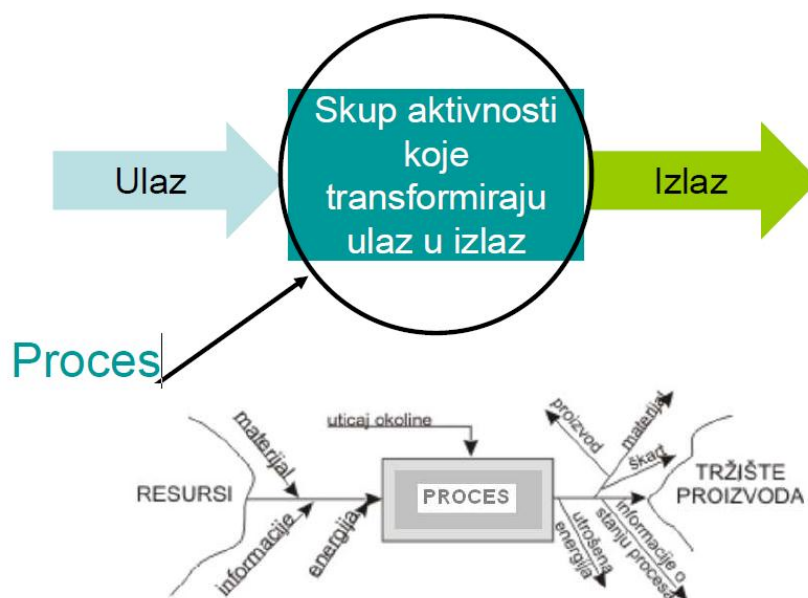
## 2. Proces i procesni pristup upravljanja proizvodnjom

### 2.1. Definicija procesa

Proces je skup aktivnosti koje se vrše na ulaznim resursima (inputima) s ciljem pretvorbe u gotove proizvode ili izvršene usluge koji imaju (ili bi trebali imati) veću vrijednost nego korišteni resursi. Inputi kao i outputi najčešće uključuju: opremu, materijale, rad, energiju, informacije i financijske izvore.

Outputi procesa idu prema kupcu koji mogu biti vanjski i unutarnji: [1]

- Vanjski kupac je izvan poduzeća. Tipičan oblik razmjene s vanjskim kupcem je novac, odnosno krajnji korisnik je kupac koji plaća proizvod ili uslugu.
- Unutarnji kupac je unutar poduzeća i tu naravno nema novčane razmjene.



Slika 1. Prikaz procesa [S1]

Davne 1910. godine, Henry Ford je pokazao da se troškovi proizvodnje mogu reducirati uvođenjem "proizvodnih linija" ili "montažnih linija" na kojima se kontinuirano ponavljaju iste optimalne radne operacije. Automatizacija i optimizacija su postale generatori poboljšanja usluge kupcima. Radne operacije pomoću kojih se dolazi do krajnjeg rezultata (proizvoda ili usluga) u današnje vrijeme su poznati kao **PROCESI**.



Slika 2. Henry Ford [S2]

Postoje tri tipa toka procesa:

- **Linijski**
- **Prekidni**
- **Projektni**

Linijski tok je obilježen linearnim slijedom operacija i proizvodnim (prema proizvodu) prostornim rasporedom proizvodnih sredstava. Linijski procesi koriste specijaliziranu opremu, vrlo su efikasni i obično su vrlo nefleksibilni na prilagođavanje promjenama proizvoda i obujma proizvodnje.

Proizvodnja sa prekidanim tokom procesa koristi procesni raspored proizvodnih sredstava u kojemu je zajedno grupirana slična oprema, ili radnici sličnih vještina. Rezultirajući obrazac toka je izmiješanost, budući da se proizvod izrađuje u serijama i prolazi samo kroz one procese kroz koje je to potrebno. Prekidna proizvodnja je visoko fleksibilna, ali mnogo manje efikasna nego što je to kod linijskih procesa.

Projekt se koristi za izradu jedinstvenog proizvoda. Svi proizvodni zadaci teku određenim slijedom pružajući tako podršku kako bi pojedinačni jedinstveni proizvod bio izrađen. Projekti osiguravaju najveću fleksibilnost, ali su obično vrlo skupi.

Procesi proizvodnje su promišljeno dizajnirani i optimizirani, ali u mnogim ostalim procesima poslovanja, proces se izgrađuje kroz godine preko tradicije i prakse, isto tako nažalost mnoge tvrtke ne shvaćaju da se njihovi poslovni sustavi sastoje od procesa koji mogu biti poboljšani i optimizirani.

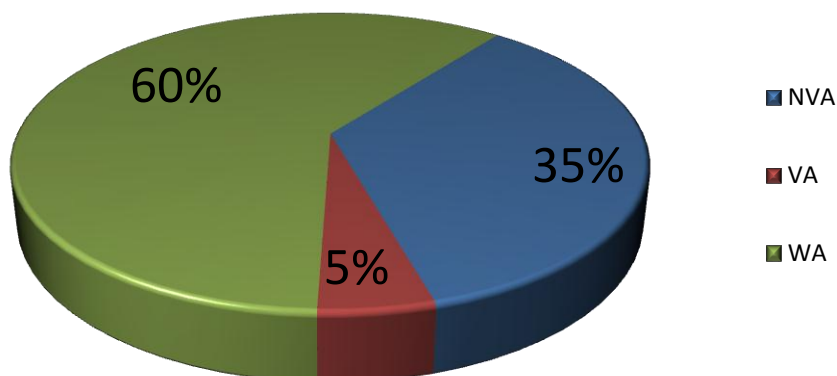
## 2.2. Podjela aktivnosti u procesu

U procesima se obično javljaju tri tipa aktivnosti:

- Aktivnosti koje dodaju vrijednost proizvodu (eng. **Value-added activity**) - predstavljaju direktan rad, odnosno transformiraju materijal, informaciju i klijente u oblike koji imaju povećanu vrijednost. Kupac ih je spreman platiti
- Aktivnosti koje ne dodaju vrijednost proizvodu (eng. **Non-value-added activity**) - su aktivnosti koje ne možemo eliminirati iz procesa jer mu osiguravaju kvalitetu ili ih moramo izvršiti zbog zakonskih regulativa. Takve aktivnosti kupac nevoljko plaća, a primjeri su kontrola kvalitete, mjerenja, pripremno-završna vremena strojeva itd.
- Aktivnosti koje predstavljaju čisti gubitak (eng. **Waste Activity**) - su aktivnosti koje nastojimo u potpunosti eliminirati iz procesa jer troše resurse, kupac ih ne želi platiti, a ne dodaju apsolutno nikakvu vrijednost proizvodu. Prema lean konceptu postoji osam vrsta takvih aktivnosti: prekomjerna proizvodnja, transport, čekanje, prekomjerna obrada, zalihe, nepotrebni pokreti, škart i nedovoljno iskorištenje potencijala zaposlenika.

Ustanovljeno je da aktivnosti koje predstavljaju gubitak imaju prosječan udio od čak 60% u procesima, aktivnosti koje ne dodaju vrijednost proizvodu imaju udio od 35 %, a aktivnosti koje direktno dodaju vrijednost proizvodu imaju udio od tek 5%. [1]

Prikaz zastupljenosti aktivnosti u poduzeću



Graf 1. Zastupljenost aktivnosti u poduzeću [1]

Očito je da je ovakva situacija vrlo nepovoljna jer glavninu vremena zauzimaju aktivnosti koje kupac ne želi platiti. Zbog toga je potrebno primijeniti ERO strategiju – nastoji se Eliminirati aktivnosti koje predstavljaju čisti gubitak, Reducirati aktivnosti koje ne dodaju vrijednost proizvodu i Optimirati aktivnosti koje dodaju vrijednost proizvodu.

### 2.3. Proizvodni i uslužni procesi

Proizvodni procesi mogu također klasificirati kao:

- **PROIZVODNI**
- **USLUŽNI**

Osnovna razlika između ova dva tipa procesa je u tome što su usluge neopipljive, a rezultat proizvodnog procesa je fizički opipljiv proizvod. Iako je postavljena prilično jasna granica između ova dva tipa proizvodnje, često nije lako smjestiti procese isključivo u jedan tip. Postoje procesi koji sadrže proizvodni, ali i uslužni karakter poput restorana brze hrane u kojima se događa i uslužni i proizvodni dio procesa. Dok su trgovine uslužni procesi, a neke montažne linije imaju samo proizvodno obilježje.

Uslužni procesi nastoje proizvesti neopipljive, potrošne outpute koje zovemo usluge. S druge strane, proizvodni procesi proizvode fizičke, dugotrajne outpute koje zovemo proizvodi. Kod uslužnih djelatnosti korisniku je omogućeno preuzeti aktivnu ulogu u cijelom uslužnom procesu. Proizvodni procesi teže imati čim manje kontakata s korisnicima, prebacujući kontakte s korisnicima na trgovce i distributere.

### **2.3.1. Uslužni procesi**

Kod uslužnih djelatnosti vrlo važan je kontakt s korisnicima. U usporedbi sa proizvodnim procesom, korisnik može biti jako uključen u uslužni proces. Korisnik može ostvarivati aktivni kontakt što znači da je korisnik uvelike dio stvaranja usluge i isto tako utječe na sam uslužni proces. [2]

Uslužni procesi mogu se opisivati na sličan način kao i opći proizvodni procesi, koristeći istu terminologiju i iste metode optimiranja, no uz takve opise vrlo je važno dati informaciju o tome koliko je sam klijent uključen u proizvodni sustav, odnosno ustanoviti njegovu prisutnost pri izvršenju rada koji rezultira uslugom. Što je veći udio uključenosti klijenta u proizvodni proces, veći je stupanj interakcije tijekom proizvodnog procesa, a time se povećava i fleksibilnost procesa. Takve procese teže je kontrolirati i racionalizirati jer klijent može direktno utjecati na trajanje, kvalitetu i samu prirodu procesa.

Kod uslužnih procesa mogu se razlikovati dva tipa kontakta sa klijentima:

- **AKTIVNI KONTAKT**
- **PASIVNI KONTAKT**

Kod aktivnog kontakta proces koji se obavlja je vidljiv klijentu. Primjer aktivnog kontakta je frizerski salon gdje korisnik usluge pružatelju usluge u ovom slučaju frizeru može izraziti svoje želje, u toku procesa ga uputiti na eventualne zamjerke u njegovom izvršavanju usluge itd.

Kod pasivnog kontakta korisnik nije direktno uključen u proces pružanja usluge. Primjeri pasivnog kontakta su: javni prijevoz gdje je korisnik prisutan ali sa pružateljem usluge nema gotovo nikakav kontakt ili na primjer čekanje u redu za karte u kinu.

### **2.3.2. Proizvodni procesi**

Proizvodni proces pretvara materijal u dobra koja imaju fizičku formu odnosno rezultat proizvodnog procesa je opipljiv. Proces transformacije mijenja svojstva materijala u sljedećim veličinama: [2]

- mijenja fizička svojstva materijala,
- mijenja oblik materijala,
- strojno obrađuje dijelove do određene veličine,
- postiže konačna svojstva površine
- montira ili spaja dijelove i materijal

Više procesa postoji unutar svake kategorije. Npr. fizička svojstva materijala mogu se mijenjati na više načina: kemijskim reakcijama, hladnom i toplom obradom, itd. Ako poduzeće pogledamo sa stajališta procesa vidimo da u većini poduzeća postoje i proizvodni i uslužni procesi, pa je stoga krivo kad se neko poduzeće gleda kao cjelina i kad ga se okarakterizira samo kao uslužno ili proizvodno poduzeće.

## 2.4. Proizvodnja

Proizvodnja je proces kombiniranja proizvodnih faktora s ciljem stvaranja proizvoda namijenjenih zadovoljenju ljudskih potreba i proces dodavanja vrijednosti proizvodu. Funkcija proizvodnje pokazuje odnos između rezultata proizvodnje (outputa) i proizvodnih inputa. U njoj su proizvodni inputi neovisna varijabla, a output zavisna. Funkcija proizvodnje glasi:

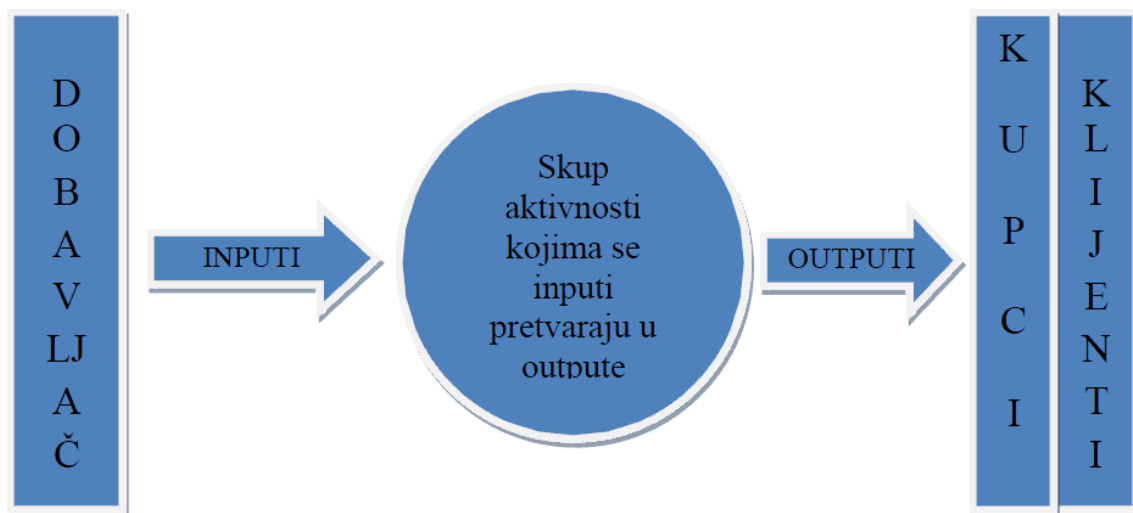
$$Q = f(L, K, N)$$

gdje je **Q** veličina outputa, **L** količina rada, **K** količina kapitala i **N** količina prirodnih resursa

## 2.5. Procesni pristup upravljanju proizvodnjom

### 2.5.1. Procesni pristup proizvodnji

Glavni cilj procesnog pristupa poduzeću je da svaki proces u poduzeću mora dostići status perfektnog procesa (proces je sposoban stvoriti precizno traženu vrijednost za kupca). Kod procesnog pristupa bitno je istaknuti da se naglasak stavlja na sam proces, a ne na kompletno poduzeće zbog toga što procesni pristup bolje pokazuje kako poduzeće funkcionira i kako efikasno obavlja određene zadaće.



Slika 3. Procesni pristup poduzeću [S3]

### **2.5.2. *Proizvodna funkcija***

Upravljanje proizvodnjom definirano je kao donošenje odluka za funkciju proizvodnje i sustave koji proizvode robe i usluge. Povijest upravljanja proizvodnjom sastoji se od sedam glavnih doprinosa:

- **Podjele rada**
- **Standardizacije dijelova**
- **Industrijske revolucije**
- **Znanstvenog studija rada**
- **Ljudskih odnosa**
- **Modela odlučivanja**
- **Računala**

Proces transformacije pretvara inpute (materijale, energiju, rad, kapital i informacije) u outpute (dobra i usluge). Promjene u okolini često zahtijevaju odgovarajuće promjene u proizvodnji.

Upravljanje je proizvodnjom definirano sa pet ključnih vrsta odgovornosti za odluke:

- **Kvalitetom**
- **PROCESOM**
- **Kapacitetom**
- **Zalihama**
- **Radnom snagom**

### **2.5.3. *Proizvodna strategija***

**Strategija** (grč. strategos = umjetnost generalovanja – znanost i vještina zapovjedanja kroz odluke koje osiguravaju prednost u borbi sa konkurencijom)

Proizvodna strategija spada u područje strateškog menadžmenta – strateški menadžment proizvodne funkcije. Strategija treba definirati osnovni smjer razvoja poduzeća u svrhu ostvarenja zadanih ciljeva u određenom vremenskom periodu.

Proizvodna se strategija sastoji od:

- ❖ misije
- ❖ specifičnih sposobnosti
- ❖ konkurentskih prednosti
- ❖ ciljeva
- ❖ politika

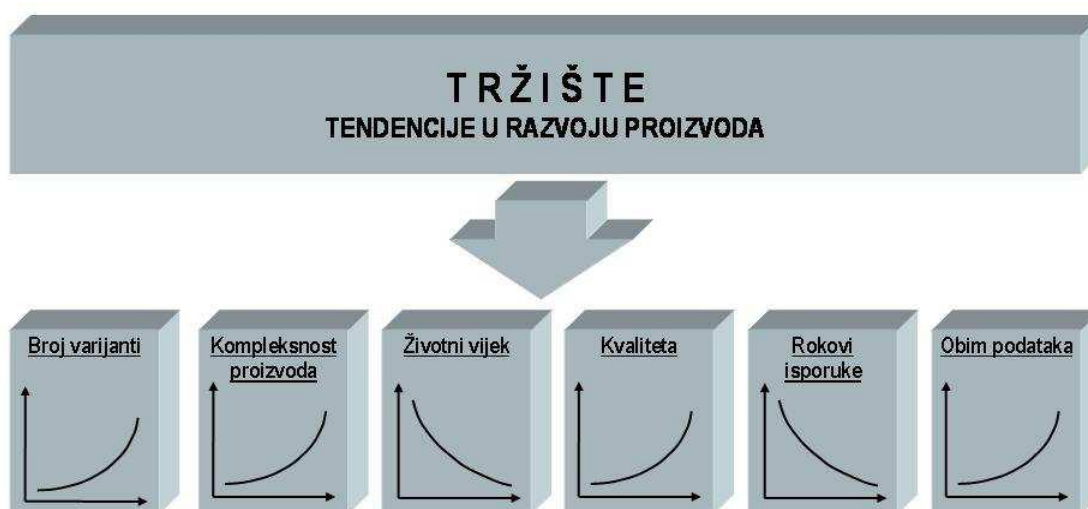
**Misija** definira svrhu proizvodnje

**Ciljevi** mogu biti troškovi, kvaliteta, isporuka i fleksibilnost

**Specifične sposobnosti** predstavljaju ono što radite bolje od konkurencije

**Politike** su strateške odluke, koje vode u detaljnije odlučivanje (taktičke odluke) u područjima kvalitete, procesa, kapaciteta, zaliha i radne snage.

Da bi poduzeće ostvarilo i zadnji sastavni dio proizvodne strategije, a to je **konkurentska prednost** mora težiti razvoju tvrtke po načelu lean principa kako bi bilo što konkurentnije na tržištu koje postaje sve zahtjevnije i traži samo izvrsnost u svakom pogledu od razvoja, kvalitete, rokova isporuke što je vidljivo na slici 4.



Slika 4. Proizvodna strategija izvor [S4]



### 3. Načela vitke proizvodnje

Vitka proizvodnja (eng. *lean management*) je proizvodna filozofija razvijena u Toyotinim tvornicama u Japanu koja je svoj prodor na zapadna tržišta ostvarila devedesetih godina prošloga stoljeća, a glavini pokretač ove proizvodne filozofije je inženjer Taiichi Ohno. Cilj je postizanje stanja u kojem će se svi resursi koristiti isključivo za dodavanje vrijednosti proizvodu (iz perspektive kupca), a sve ostale aktivnosti koje predstavljaju gubitke su eliminirane. Na taj način skraćuje vrijeme od narudžbe proizvoda ili usluge do krajnje isporuke.

Vitka proizvodnja provodi se kroz načela, alate i principe. Neki od najznačajnijih alata vitke proizvodnje su Just in Time, Jidoka, Andon, Kanban, Poka Yoke, SMED, vizualna tvornica, 5S i 5 x zašto, a mapiranje toka vrijednosti kao alat vitke proizvodnje bit će predstavljeno i pojašnjeno u jednom od sljedećih poglavlja.

Lean proizvodnja se temelji na upravljanju znanjem i promjenama. Lean poduzeće podrazumijeva „Lean zaposlenike“ gdje prije nego poduzeće postane Lean, prije zaposlenici moraju „postati Lean“. Lean poduzeće treba osigurati zaposlenike sa iskustvom, znanjem i vještinama. Iskustvo se stječe s vremenom, ali mora postojati podrška. Znanje i vještine dolaze s edukacijom i treningom pa menadžment mora razumjeti potrebe te kontinuirano educirati i osposobljavati zaposlenike.

Uvođenje modela Lean proizvodnje, koji koristi svoju logiku prije nego jednostavno kopiranje tehnika, nazvan je „Lean Thinking“ ili „Lean razmišljanje“ popularizirali su ga Womack i Jones u knjizi naslova „Lean Thinking“. U knjizi je proučeno puno primjera i prikazana usporedba „prije i nakon“ poboljšane provedbe. Autori su također postavili **pet osnovnih principa Lean razmišljanja** koji, kad su provedeni u redoslijedu, generiraju temelj visokih performansi Lean proizvodnje.

#### 3.1. Pet osnovnih principa lean proizvodnja

Lean filozofiju najlakše je opisati kroz njezinih pet načela:

1. Odrediti „**VRIJEDNOST**“ sa gledišta kupca odnosno utvrditi vrijednosti koje je kupac spreman platiti.
2. Ustanoviti sve korake u „**TOKU VRIJEDNOSTI**“ i kad god je to moguće ukloniti korake koji ne dodaju vrijednost. Tok vrijednosti prikazuje se pomoću mapa toka vrijednosti.
3. Omogućiti „**TIJEK**“ tj. težiti tome da najveći udio u trajanju procesa imaju aktivnosti koje direktno dodaju vrijednost proizvodu.
4. „**POVLAČENJE PROIZVODNJE**“ odnosno *pull* podrazumijeva organizaciju proizvodnog procesa na način da narudžba kupca bude okidač koji će pokrenuti sve aktivnosti u procesu.
5. „**TEŽNJA SAVRŠENSTVU**“ na način da ponavljamo prethodna četiri koraka, točno odredimo vrijednost, ustanovimo sve korake u toku vrijednosti, ustanovimo koji koraci stvaraju gubitke te uvedemo sistem povlačenja materijala i tok materijala. [1]



Slika 5. Pet osnovnih principa leana [S5]

Držeći se svih pet načela vitke proizvodnje moguće je postići smanjenje troškova proizvodnje, smanjenjem broja nepotrebnih radnji, a time i smanjenje ukupnog vremena proizvodnje što proizvođača čini konkurentnijim i fleksibilnijim na tržištu.

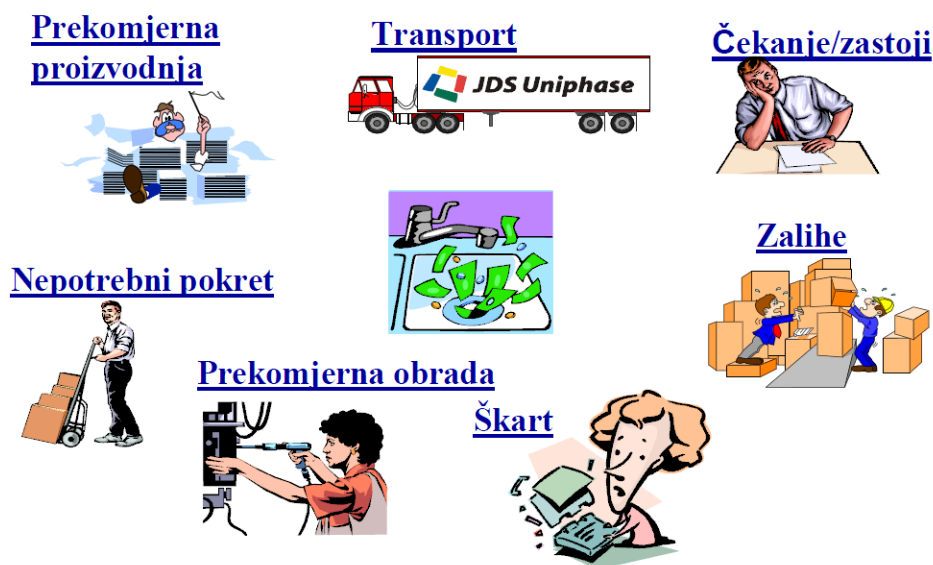
U sljedećoj tablici bit će navedene razlike između tradicionalnog pristupa proizvodnji te LEAN principa upravljanja proizvodnjom:

TRADICIONALNI PRISTUP PROIZVODNJI	LEAN PRISTUP PROIZVODNJI
Kompleksna organizacija	Jednostavna organizacija
Proizvodnja vođena budžetom	Proizvodnja vođena potražnjom
Prekomjerne zalihe	Zalihe vođene potrebama
Ubrzavanje aktivnosti koje donose vrijednost	Uklanjanje aktivnosti koje ne dodaju vrijednost
Masovna proizvodnja	Proizvodnja u malim serijama
Dugačko vrijeme od narudžbe do isporuke	Minimalno vrijeme od narudžbe do isporuke
Kvaliteta temeljena na inspekciji i kontroli	Kvaliteta ugrađena u konstrukciju proizvoda

Tablica 1. Tradicionalni i LEAN pristup

### 3.2. Sedam vrsta gubitaka u proizvodnji

Provođenjem ovih pet osnovnih načela LEAN principa nastoje se uz kontinuirana poboljšanja procesa eliminirati i sedam vrsta gubitaka zbog kojih ti procesi nisu onako dobri i efikasni kako bi mogli biti. Taiichi Ohno jedan od utemeljitelja *lean* pristupa, podijelio je sve gubitke u sedam skupina: prekomjerna proizvodnja, transport, čekanje, prekomjerna obrada, zalihe, nepotrebni pokreti i škart. U novije vrijeme uz tih sedam vrsta gubitaka navodi se i gubitak nedovoljnog korištenja potencijala zaposlenika. U nastavku su dana pojašnjena za svaku pojedinu vrstu. [3]



Slika 6. Sedam vrsta gubitaka u proizvodnji [S6]

#### 1.) PREKOMJERNA PROIZVODNJA

- Stvaranje proizvoda koji se ne mogu plasirati na tržištu
- Predetaljna obrada
- Izvođenje operacija koje nisu neophodne
- Stvaranje dokumentacije koju nitko ne zahtijeva ili koja uopće neće kasnije koristiti (prekomjerna administracija)
- Loše predviđanje (procjena) prodaje, tj. zahtijeva tržišta
- Slanje uputa prema previše ljudi (ili obratno)
- Proizvodnja "za svaki slučaj"

**2.) TRANSPORT**

- Nepotrebno kretanje materijala (obradaka) između operacija ili između skladišnih površina
- Korištenje starih, neučinkovitih layouta (Layout – eng. raspored, razmještaj) kretanja materijala -Potrebno napraviti racionalnije layoute ili bolji međusobni raspored pojedinih operacija (npr. proizvodna ćelija)
- Neučinkovit transport informacija
- Neuspješna komunikacija: gubitak podataka, nekompatibilnost, nepouzdanost informacija

**3.) ČEKANJE**

- vrijeme čekanja materijala između operacija, čekanje radnika na strojevima ili na materijal (loše planiranje proizvodnje). Potrebno je detaljno proučiti pokrete u operacijama, sinkronizirati i ujednačiti proizvodnju.
- Čekanje na podatke, rezultate testova, informacije, odluke, potpis, odobrenje i sl.
- Čekanje na isporuku (npr. kasni sirovina i sl.)

**4.) PREKOMJERNA OBRADA**

- predimenzionirani strojevi, kriva ili nedostajuća tehnološka oprema, pripremno-završno vrijeme, čišćenje između obrade
- Previše procesa obrade
- Loš dizajn (konstrukcija) proizvoda, koja zahtijeva previše koraka obrade (prekompleksan proizvod)

**5.) ZALIHE**

- visoke zalihe povezane su sa prekomjernom proizvodnjom („zamrznuti kapital“ u skladištima)

**6.) NEPOTREBNI POKRETI**

- loš raspored strojeva - nepotrebno gibanje radnika
- ljudi se trebaju micati kako bi došli do informacija
- ručni rad kako bi se kompenzirali neki nedostaci u procesu proizvodnje

## 7.) ŠKART

- prekid toka zbog grešaka, nepotrebna vremena, troškovi i prostor za analizu i otklanjanje.
- nepotpune, netočne, nepravodobne informacije

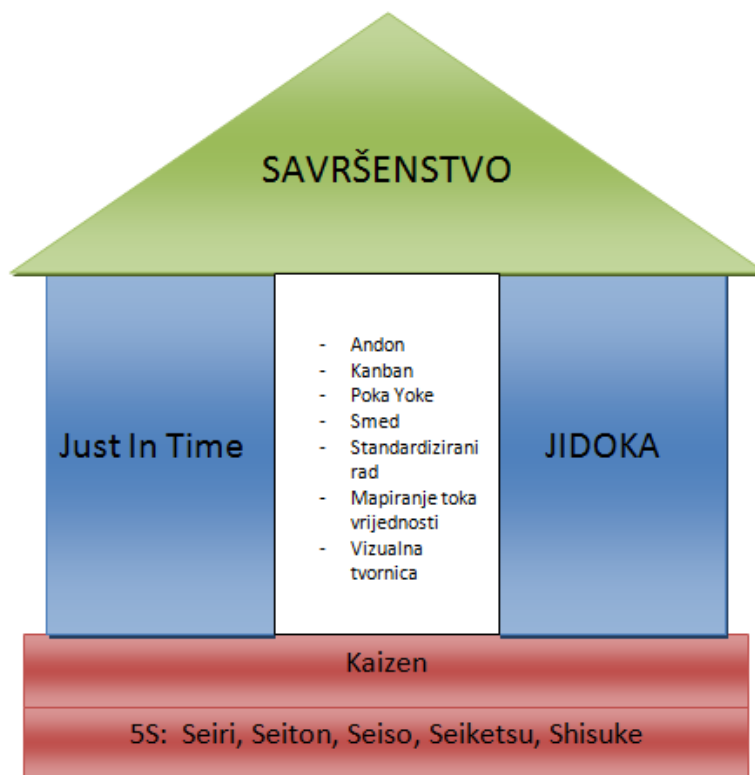
Cilj *lean* proizvodnje jest otkrivanje svih gubitaka u tijeku proizvodnog procesa te njihovo uklanjanje. U povijesti razvoja i unapređenja *lean* pristupa proizvodnji osmišljen je velik broj alata koji ispravno primjenjivani i kombinirani vode ka usavršavanju procesa i proizvoda i eliminaciji gubitaka te će biti prikazani u sljedećem poglavlju.

## 4. Lean alati

Kako je *lean* filozofija ona koja potiče svakodnevne promjene i poboljšanja, tako se i broj alata kojima se provodi *lean* proizvodnja svakodnevno povećava. Svaki pristup koji donosi nova poboljšanja zapravo je jedan novi alat.

Za implementaciju i održavanje *leana* u proizvodnji nije dovoljno primjenjivati alate koji postoje i to bez nekog reda, važno je prepoznati koji će se alati koristiti i u kombinaciji s kojim drugim alatima. Kod primjene alata važno je prilagoditi ih konkretnoj situaciji. Isti alati mogu se primjenjivati u proizvodnoj kao i u uslužnoj djelatnosti. Kao osnova *lean* menadžmenta navode se dva alata koji su često nazivani stupovima vitkog menadžmenta i za koje se smatra da su osnova daljnjeg razvoja *leana*. To su alati JIT (engl. *Just in Time*) i *jidoka*. Prvi je nastao *jidoka*. Otkrio i implementirao ga je Sakichi Toyoda u svom tkalačkom stroju, a drugi alat JIT nastao je kao odgovor gospodarskom stanju u Japanu kada se nije moglo osigurati stajanje robe na skladištu jer sirovine nije bilo. Kako su se oba alata pokazala izuzetno korisnim, usvojeni su u program TPS-a i nadograđivani novim alatima. Nakon tih alata, abecedu *lean* menadžmenta čine alati 5S i *kaizen*. Prvi alat traži čistoću, red i organiziranost na poslu dok drugi alat, *kaizen*, zahtijeva stalno uvođenje poboljšanja. Cilj jest postizanje savršenstva provođenjem samodiscipline i stalnom težnjom ka boljem.

Svi ovi drugi alati navedeni su na slici 6, a prikazani su pomoću TPS kuće.



Slika 7. TPS kuća - Lean proizvodnja [S7]

## 4.1. Lean alat „5S“

Pošto je primjer Lean alata dan TPS kućom krećemo od dna prema vrhu kuće i kao prvi alat nam dolazi „5S“.

„5S“ je koncept koji potiče iz Toyotinih pogona, a glavni mu je cilj poboljšanje načina rada unutar tvornice ili bilo kakve druge organizacije. Cilj alata „5S“ je taj da se poveća efikasnost procesa te da se poveća sigurnost u procesu boljom organizacijom i rasporedom. Naziv je došao od prvih slova riječi koje čine taj princip, a koje sve počinju slovom *s* kako u japanskom, tako i u engleskom jeziku. [4]

Sastavni dijelovi Lean alata „5S“ su ovi:

- *Seiri* – Sorting - **sortiranje**
- *Seiton* – Straightening - **red**
- *Seiso* – Sweeping - **čišćenje**
- *Seiketsu* – Standardizing - **standardizacija**
- *Shisuke* – Sustaining - **samodisciplina**

### 1.) SEIRI – Sorting – SORTIRANJE

*Seiri* je prvi u nizu pet alata, a odnosi se na sortiranje stvari. Potrebno je ukloniti sve nepotrebne stvari koje zauzimaju mjesto i rade nered i izbaciti ih iz radnog prostora. Zatim je potrebno odabrati alat neophodan za rad. Nakon toga alate i materijal koje manje koristimo odložiti u zasebna spremišta. One stvari koje koristimo često poredati po logičnom slijedu kako ih koristimo ili koliko često ih koristimo, s time da one stvari koje nam trebaju svakodnevno zauzmu bliža mjesta. Time se stvara red i radna atmosfera, vrijeme traženja pojedinih predmeta smanjuje, a rad se olakšava.

### 2.) SEITON – Straightening – RED

*Seiton* govori o redu, o tome da stvari koje koristimo trebaju biti sistematski posložene, tako da ih možemo jednostavno koristiti te da ih svatko može lako pronaći! *Seiton* preporuča da često korišten alat bude smješten u blizini mjesta na kojem se koristi, također ako se neki alati koriste zajedno oni moraju biti spremljeni zajedno i alat bi trebalo spremiti onim redoslijedom kojim se koristi.

### 3.) SEISO – Sweeping – ČIŠĆENJE

*Seiso* je alat koji traži čistoću na radnom mjestu. Radno mjesto treba održavati čistim, urednim i pospremljenim. Nužno je na kraju svake smjene radnik treba počistiti i pospremiti svoje radno mjesto jer se inače sve vraća na staro. Time se osigurava ugodno radno mjesto i olakšava se pronalazak potrebnih predmeta koji više nisu razbacani po cijelom radnom

prostoru nego se nalaze na točno predviđenom mjestu za taj predmet. Cilj ovog alata jest uvođenje čišćenja i održavanja radnog mjesta svakodnevicom, a ne povremenom aktivnošću koja se primjenjuje samo onda kada je to nužno potrebno.

#### **4.) SEIKETSU – Standardizing – STANDARDIZACIJA**

*Seiketsu* je alat koji traži standardizaciju procesa. U ovom koraku uspostavljamo standardne rutine i pretvaramo ih u navike. Jedan od najvećih problema je kako izbjeći vraćanje starim navikama. Jedan od načina kako to ostvariti jesu napisana pravila stavljena na neko vidljivo mjesto koja nas podsjećaju na novo uvedene standarde. Po nekim istraživanjima potrebno je oko šest tjedana za usvajanje nove navike.

#### **5.) SHISUKE – Sustaining – SAMODISCIPLINA**

*Shitsuke* je peti i najteži alat. Riječ je o samodisciplini. Važno je oduprijeti se starim navikama i prihvatiti i koristiti nove navike. čovjek je često sklon popustiti sam sebi i stoga je samodisciplina nešto na čemu se mora svakodnevno raditi.

### **4.2. Lean alat „KAIZEN“**

*Kaizen*, japanska riječ za "poboljšanje", ili "promjene na bolje" odnosi se na kontinuirano poboljšanje procesa u proizvodnji i upravljanje poslovanjem. Kaizen se odnosi na aktivnosti koje kontinuirano poboljšavaju sve funkcije, te uključuje sve zaposlenike od direktora do radnika u proizvodnji. Povijest *kaizena* seže do vremena nakon Drugog svjetskog rata kada su u razoreni Japan poslani američki stručnjaci čija je zadaća bila podići japansko gospodarstvo na noge. Među njima bio je i W. Edwards Deming čiji su način razmišljanja Japanci objeručke prihvatili i počeli primjenjivati. Deming je shvatio da ukupno poboljšanje raste pojedinačnim, malim poboljšanjima koja vode prema zavidnom napretku. *Kaizen* je neprekidan proces koji uz poboljšanje produktivnosti eliminira težak rad, ponavljanje nekih radnji, humanizira rad i uči zaposlenike korištenju znanstvenih metoda kojima se eliminiraju gubici u proizvodnom procesu. Japanci koji su detaljno razvili *kaizen* preporučaju prakticiranje metode u manjim grupama ljudi koje nadzire poslodavac. To se radi iz jednostavnog razloga što ljudi koji rade u jednoj jedinici najbolje vide što bi se moglo promijeniti i kako, a da se poveća radna učinkovitost. Implementacija *kaizena* moguća je u svim vrstama proizvodnih i uslužnih djelatnosti.



Prvi korak kod implementacije *kaizena* u poduzeće jest prihvaćanje metode kao načina razmišljanja, a sama provedba uključuje neke smjernice:

- Ne smije se prihvaćati postojeće stanje
- Treba podržavati pozitivan pristup
- Ne smije se tražiti izgovore i opravdanja, već se problem mora riješiti
- Treba podržavati akcije i provoditi ideje
- Treba koristiti svoje znanje u timskom radu

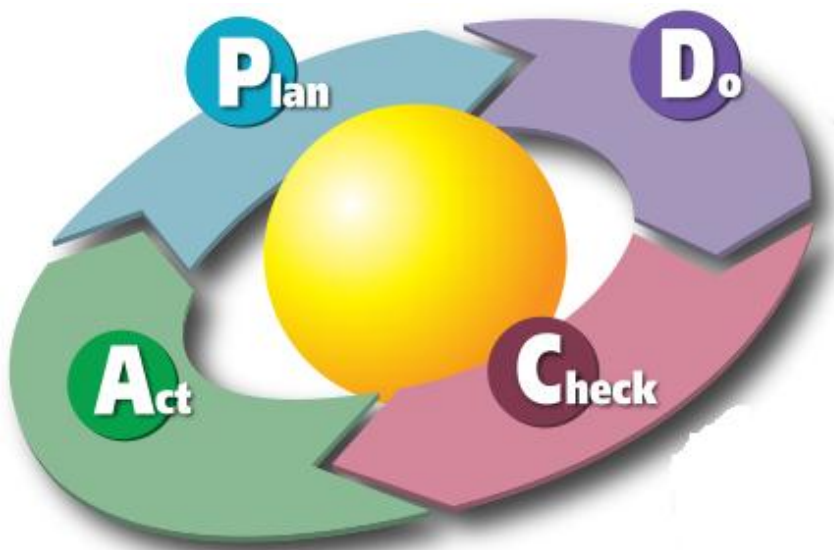
Kaizen se sastoji i od aktivnosti koje zapravo zatvaraju jedan krug, a sastoji se od ovih aktivnosti:

- standardizacija aktivnosti
- izračunavanje vremena ciklusa
- posvećenost inovacijama kako bi se povećala konkurentnost i produktivnost
- poboljšati procese

Sve ove aktivnosti zatvaraju jedan krug koji je poznat pod nazivom Shewhart cycle ili Deming cycle ili PDCA. PDCA je jedan dio KAIZEN metode koji se koristi za kontrolu kvalitete te je također korišten u Toyotinim pogonima.

PDCA cycle je naziv za ciklus koji se sastoji od ovih aktivnosti:

**P** (plan); **D** (do); **C** (check); **A** (act)

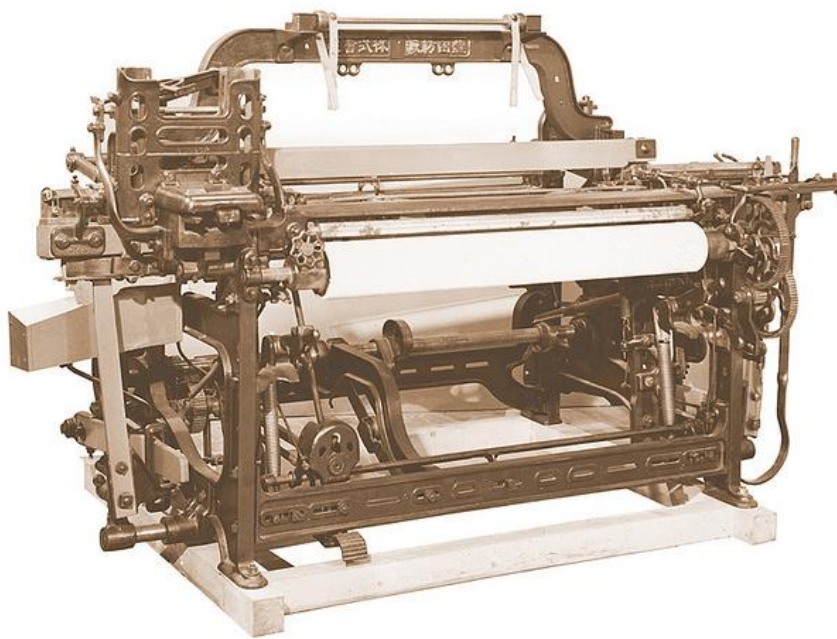


Slika 8. PDCA ciklus [S8]

### 4.3. Lean alat „JIDOKA“

*Jidoka* dolazi od japanske riječi *jido* što znači automatizacija, odnosno pod tim pojmom podrazumijeva se samostalan rad stroja pod nadzorom čovjeka. Alat *jidoka* nastao je 1924. godine kada je Sakichi Toyoda, vlasnik tekstilne tvornice, osmislio automatizirani tkalački stan. Tkalački stan Sakichija Toyode koji je posve sam obavljao posao. Prednost tog automatiziranog tkalačkog stana bila je i ta da je stroj sam mogao otkriti problem kao što je slomljeni konac te bi automatski zaustavio rad stroja i time otklonio mogućnost nastajanja komplikacija u radu. Novo otkriće bila je revolucija u dotadašnjem načinu rada. *Jidoka* je prvenstveno osmišljen na način da stroj može sam raditi i detektirati eventualni problem u radu te zaustaviti stroj, čovjek operater koji nadzire više takvih strojeva dolazi do stroja na kojem se javio problem, otklanja problem te stroj nastavlja s radom. Ta je inovacija smanjila potrebnu količinu fizičkog rada kao i broj zaposlenika po stroju.

*Jidoka* je često jedan od stupova neke tvrtke odnosno proizvodnog sustava (TPS kuća). JIT (Just In Time) je najčešće drugi stup. JIT i *Jidoka* se zajedno udružuju kako bi stvorili proizvodnu izvrsnost. [5]



Slika 9. Tkalački stan Sakichija Toyode [S9]

#### 4.4 Lean alat „Poka yoke“

*Poka Yoke* alat razvijen je u Japanu kao dio TPS sustava. Razvio ga je i dao mu ime Shigeo Shingo 1961. godine s time da se primarno taj alat zvao *baka-yoke* no kako *baka* jest pogrdan naziv za čovjeka, ime je promijenjeno u *poka-yoke* što bi značilo *poka* - nehotična pogreška i *yokeru* - izbjegavanje. Kao što samo ime govori, *poka-yoke* jest ideja konstruiranja proizvoda na način da se izbjegnu nenamjerne pogreške koje su često rezultat dekoncentracije, umora, žurbe i sl. Cilj tog alata jest postići nula pogrešaka tako da se sve greške unaprijed izbjegnu ili barem detektiraju u toku samog procesa. Jedan od najpoznatijih primjera primjene *poka-yoke* jest disketa (engl. *floppy disk*) koja u desnom gornjem uglu ima odrezan vrh kako bi se izbjeglo krivo umetanje diskete u računalu. Od poznatijih primjera svi smo vidjeli vodilice za kotače u auto-praonicama, zvučni signal pri kretanju teretnih vozila unatrag, ograničenje visine vozila i sl. [6]



Slika 10. Primjer Poka yoke: disketa [S10]

#### 4.5. Lean alat „KANBAN“

KANBAN (jap. - karta ili ploča) je sustav koji zalihe u proizvodnji želi što je moguće više smanjiti te ih zadržati na što je moguće nižem nivou. To je sistem signalizacije, koji koristi kartice da signalizira potrebu za materijalom. Nastao je po uzoru na američke supermarkete. U supermarketima se polica dopunjava kada se količina na njoj smanji na određenu mjeru. Prevedeno na „jezik proizvodnje“ prethodna operacija proizvodi točno ono što iduća treba po principu pull sustava.

Kao i svi alati TPS-a, *kanban* je razvijen u Japanu u Toyoti, a razvio ga je Taichii Ohno. Cilj mu je postići „proizvodnju na zahtjev“ što znači izbjegavanje skladištenja robe i mirovanje kapitala odnosno funkcioniranje na principu JIT principa proizvodnje. *Kanban* se ostvaruje karticama koje sadrže podatke o proizvodima, količinama, skladišnim zalihama i narudžbama kupaca. Za funkcioniranje po principu kanbana važno je znati što se povlači,

kada se povlači, koliko i otkuda. Kanban može uključivati sirovine, dijelove, sklopove, komponente.

#### 4.6. Lean alat „SMED – Single Minute Exchange of Die“

SMED je metoda vitkog menadžmenta koja ima za cilj minimizaciju vremena izmjene alata u procesu proizvodnje te tako smanjenje ukupnog trajanja proizvodnog ciklusa. Naziv SMED ne smije se doslovno shvatiti. Fraza „*single minute*“ ne znači da se svi procesi u toku promjene alata vrše u manje od minute, već podrazumijeva vrijeme promjene manje od deset minuta. SMED je razvio Shigeo Shingo krajem 1950. i početkom 1960. godine u Toyoti. Shingo je uvidio problem duge izmjene alata za prešanje lima karoserije za svaki model automobila, koja je znala potrajati i do tri dana. To vrijeme je cjelokupna proizvodna linija stajala što je značilo velike gubitke u poslovanju. Zaposlenici su zato najprije analizirali i zabilježili tijek izmjene alata koji se sastojao od zaustavljanja proizvodne linije, skidanja dijela dizalicom, pozicioniranja dijela u stroj što se radilo odoka te podešavanja tog dijela u pravi položaj. Takav proces izmjene trajao je između dvanaest sati i tri dana. Shingo je zatim, zajedno sa zaposlenicima donio odluku o uvođenju mjernih uređaja. Smještanjem dizalice i potrebnih alata u blizinu smanjili su ukupno vrijeme izmjene na ispod deset minuta. SMED metoda ima mnoge prednosti, a najvažnije su: [7]

- ✓ **Smanjenje vremena proizvodnje smanjenjem vremena izmjene alata**
- ✓ **Omogućavanje proizvodnje u manjim serijama**
- ✓ **Smanjenje zaliha**
- ✓ **Povećanje produktivnosti**

#### 4.7. Lena alat „ANDON“

Andon jedan od Lean alata koji se odnosi na sustav obavješćavanja, upravljanja, održavanja i na detekciju mogućih problema u proizvodnji. Središnji sustav je oglasna ploča na kojoj se uključuju signalna svjetla kada se utvrdi da određena radna stanica ima problem. Dojava se može aktivirati ručno pomoću gumba ili može biti aktivirana automatski. Sustav može i uključivati dodatne opcije koje su u mogućnosti zaustaviti proizvodnju kako bi se problem riješio. Razvijen je u sklopu TPS sustava u Toyoti i dio je *jidoka* alata. *Jidoka* detektira pojavu problema u proizvodnom procesu, a sustav *andon* zadužen je da obavijesti o tome. [8]



Slika 11. Primjer ANDON signalizatora [S11]

## 5. Mapiranje toka vrijednosti – VSM (Value stream mapping)

### 5.1. Općenito o mapiranju toka vrijednosti

Pošto je tema ovog završnog rada VSM ili mapiranje toka vrijednosti taj LEAN alat sam odlučio opisati u zasebnom poglavlju.

Nakon dobrog razumijevanja lean koncepta, sljedeći korak je mapiranje trenutnog stanja procesa pomoću simbola i ikona koje simboliziraju tok materijala i informacija. Pošto je mapiranje toka vrijednosti vizualna prezentacija toka materijala i informacija ono postaje neophodan alat za kasniju vizualizaciju poboljšanja procesa.

Mapiranje procesa daje nam sliku o svim gubicima te nepotrebним kretanjama materijala i informacija. Smanjenjem i potpunom eliminacijom ovih gubitaka moguće je smanjiti i potrebno vrijeme za izradu proizvoda.

Mapiranje toka vrijednosti je način na koji se sve aktivnosti, svi procesi, svi tokovi, bilo materijalni, bilo informacijski žele staviti na jedno mjesto, međusobno dovedu u vezu počevši od sirovine pa sve do gotovog proizvoda tj. sve do kupca. Glavni cilj je snimiti trenutno stanje, identificirati sve oblike rasipanja (waste, muda).

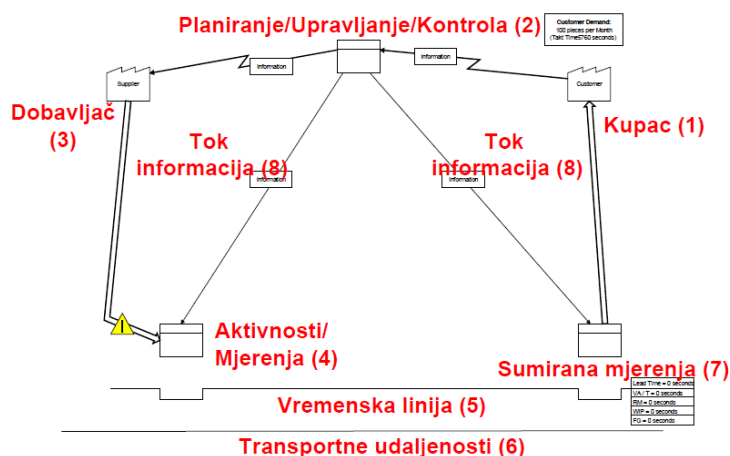
To je grafički alat koji prikazuje tok proizvodnog procesa. Mapiranje se radi tako da se najprije sakupe informacije o trajanju samih procesa i vremena čekanja tj. da se identificiraju tzv. „uska grla“. Nakon toga razmatraju se nove mogućnosti i rješenja čiji je cilj eliminacija gubitaka. [9]

Proces mapiranja radi se u nekoliko točaka:

- Odrediti konačan proizvod ili uslugu
- Nacrtati mapu toka materijala i/ili informacija u proizvodnom procesu od kupnje materijala do isporuke gotovog proizvoda sa svim vremenima trajanja operacija i čekanja. Crta se posebnim znakovima.
- Razmatranje postojećeg stanja i uvođenje poboljšanja
- Crtanje nove mape toka materijala sa skraćenim vremenima
- Težnja ka određenom cilju

Mapa toka vrijednosti sadrži:

- **TOK MATERIJALA**
- **TOK INFORMACIJA**
- **INFORMACIJE VEZANE ZA TRANSPORTNE PUTEVE I VRIJEME**



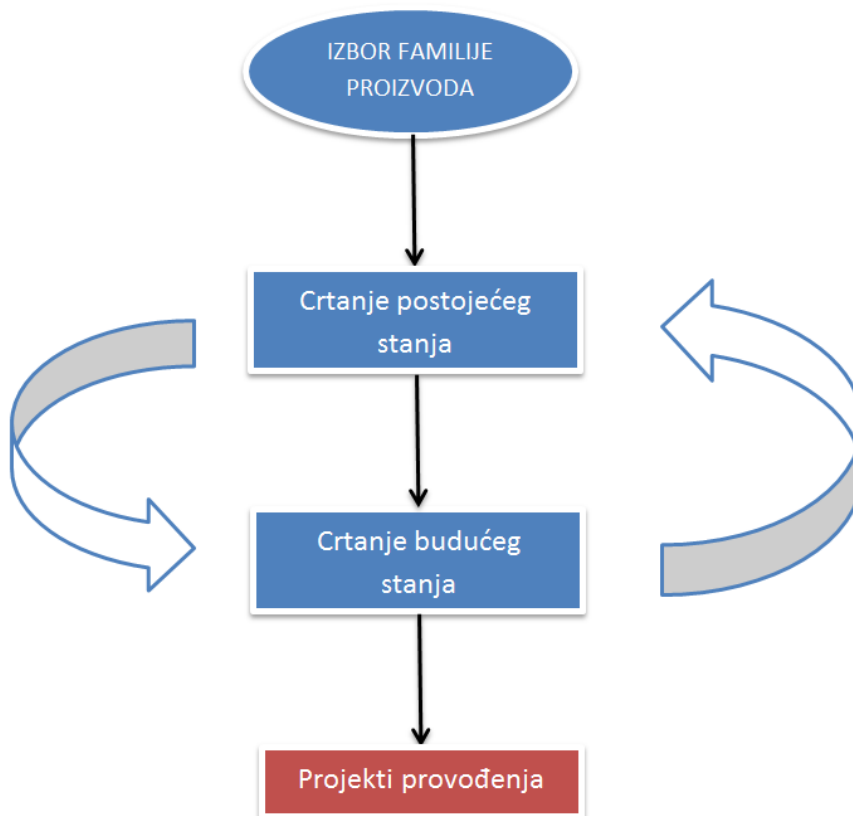
Slika 12. Osnovna struktura mape vrijednosti [S12]

Na vremensku liniju se pišu vremena čekanja i ciklusna vremena. Vrijeme čekanja upisuje se na gornju crtu, dok se na donjoj prikazuje ciklusno vrijeme. Zadnja kućica služi da se unutar nje upišu zbrojena vremena čekanja i vrijeme ciklusa za jedan proizvod.



Slika 13. Prikaz vremenske linije unutar VSM-a

### 5.1.1. Koraci tijekom mapiranja toka vrijednosti

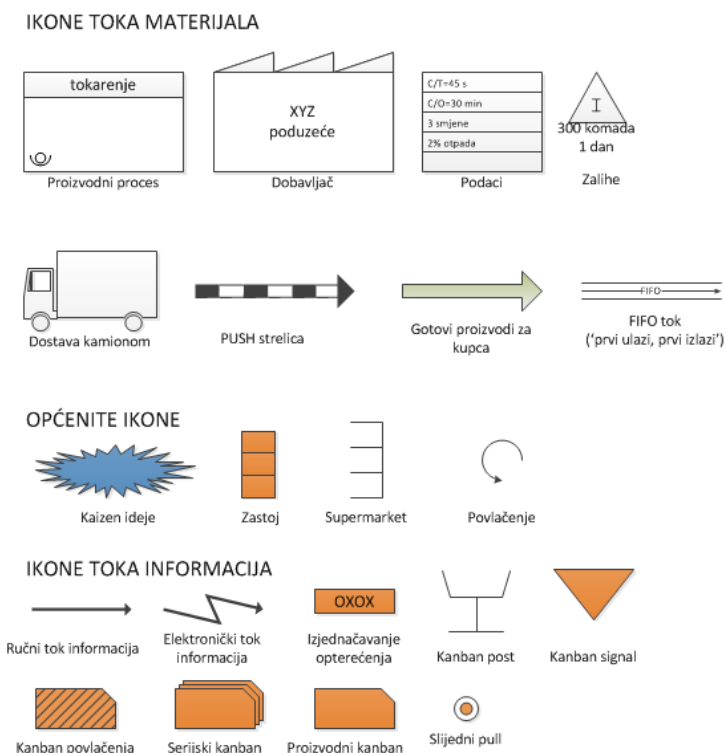


Slika 14. Koraci kod mapiranja toka vrijednosti [S14]

#### 5.1.1.1. Izrada mape toka vrijednosti postojećeg stanja

Da bi izradili mapu vrijednosti postojećeg stanja dovoljna nam je olovka i papir te poznavanje osnovnih znakova koji se koriste u procesu mapiranja toka vrijednosti. Kod kreiranja mape postojećeg stanja pažnja se treba posvetiti na prikupljanje točnih, real-time podataka koji se odnose na određene proizvode koje pratimo i vrijednosti tokova materijala i informacija te koristiti ove informacije kako bi lakše identificirali sve specifične aktivnosti koji se javljaju u odabranom toku vrijednosti.

Mapiranje trenutnog stanja započinje definiranjem toka između pojedinih odjela, kao što su REZANJE, ZAVARIVANJE, TOKARENJE, itd. Za označavanje svih elemenata procesa koristi se set osnovnih ikona: [10]



Slika 15. Osnovni znakovi za crtanje VSM mape

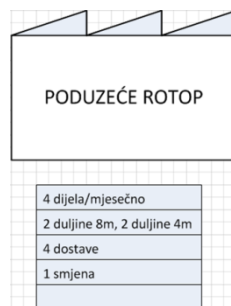
Četiri koraka koja se koriste kod izrade mape trenutnog stanja:

1. Odrediti individualne zadatke
2. Odrediti glavne procese sustava
3. Prikupljanje aktualnih informacija o procesima i tokovima materijala i informacija
4. Kratko raspraviti o podacima koji su prikupljeni [10]

Nakon ovih općenitih uputa i smjernica kreće se u detaljniju razradu i prikaz toka vrijednosti po sljedećim koracima:

**1. KORAK:** Daljnja izrada mape kreće tako da se prvo u desnom gornjem kutu papira nacrtava simbol kupca. Kupac može biti jedna osoba ili poduzeće koje naručuje proizvod. Ispod simbola kupca najčešće dolaze podaci o narudžbi (mjesečna količina proizvoda koja se naručuje, posebni zahtjevi, mjesečna frekvencija narudžbi, itd).





Slika 16. Primjer kupca i njegovih zahtjeva

**2. KORAK** je ucrtavanje bloka koji označava početak te bloka koji označava kraj toka vrijednosti između procesa.

**3. KORAK** je ucrtavanje svih ostalih procesa između blokova koji označavaju početak i završetak toka vrijednosti.

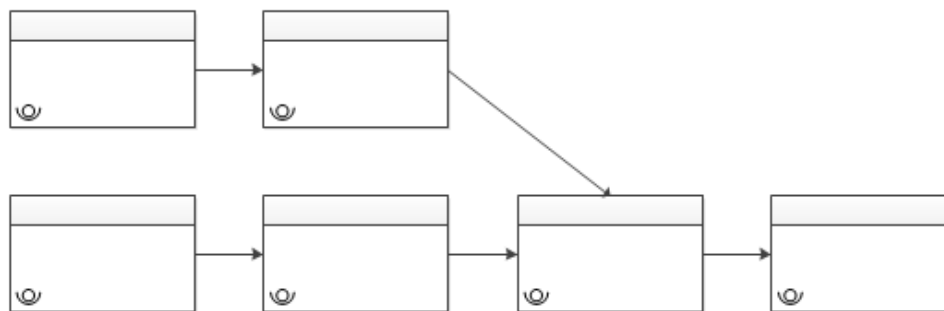
**4. KORAK** je za svaki pojedini proces unutar toka vrijednosti potrebno je upisati odgovarajuće podatke i atribute koji su prikupljeni unutar svakog pojedinog procesa. Ispod s bloka najčešće se ispisuju podaci o procesu, kao što su **CT = taktno vrijeme** (*vrijeme između završetaka proizvodnje dvaju proizvoda*), **broj radnika koji sudjeluju u procesu** (*označava se ikonom operatera*), **ukupno proizvodno vrijeme u jednoj smjeni** (*od ukupnog trajanja smjene oduzima se vrijeme za pauzu, čišćenje...*), **vrijeme koje stroj provodi u radu** (*izraženo u postotcima*), **dostupnost određenog stroja**, **posebni zahtjevi vezani za proizvod...**

**5. KORAK** je bitan zbog toga jer se u njemu na vremenske linije upisuju vremena koja su najbitnija za analizu postojećeg proizvodnog sustava. Tokom analize sustava prate se različita vremena od kojih su najbitnija vremena čekanja te ciklusna vremena.

**6. KORAK** je ucrtavanje ikona koje označuju kako tokovi informacija i materijala teku kroz sustav. Razlikujemo PULL ili PUSH način prikazivanja tokova.

**7. KORAK** je ucrtavanje svih ostalih komunikacija i veza koje se javljaju unutar sustava toka vrijednosti. To se najčešće odnosi na komunikaciju i vezu poduzeća sa kupcima i dobavljačima materijala [10]

Tok materijala između procesa prikazuje se u donjem dijelu mape s lijeva na desno prema redoslijedu procesnih koraka (bez obzira na stvarni prostorni raspored). U poduzećima se u mnogim slučajevima odvijaju paralelni procesi koji se zatim kasnije nastavljaju udružuju u jedan proces. Takvi procesi prikazuju se jedan iznad drugoga.



Slika 17. Označavanje paralelnih procesa

#### 5.1.1.2. Izrada mape toka vrijednosti budućeg stanja

Mapa budućeg stanja sastoji se od tri velike faze koje se kasnije sadrže od manjih koraka. Prva velika faza je faza koja se tiče isključivo kupca i njegovih zahtjeva, dok je zadatak druge faze osigurati kontinuirani tok informacija i materijala između procesa te treća faza zahtijeva balansiranje odnosno ravnomjernu podjelu posla po proizvodnim odjelima.

#### TRI FAZE IZRADE MAPE:

**1. Proizvoditi prema taktu** – takt govori koliko često moramo proizvesti proizvod kako bi zadovoljili zahtjeve kupca, a temeljen je na stopi prodaje. Takt se računa prema formuli na način da se raspoloživo vrijeme rada po smjeni podijeli sa učestalošću zahtjeva kupca. Takt se koristi kako bi se sinkronizirao tempo proizvodnje sa tempom prodaje proizvoda.

**2. Izraditi kontinuirani tok gdje god je to moguće** – kontinuirani proces znači u jednom trenutku proizvoditi jedan proizvod te taj proizvod odmah ide sa jednog na drugi proces, bez ikakvih zastoja između procesa. Kontinuirani tok je najefikasniji način proizvodnje te ga stoga nije lako postići, ali je moguć. Za kontinuirani tok bitno je naglasiti da se proizvodi samo što je potrebno, samo kad je potrebno te u točno zadanoj količini.

**3. Podjela posla po razinama ili balansiranje (eng. leveling)** – ova faza izrade omogućuje ravnomjernu podjelu posla na svakom ranom mjestu te joj je cilj osigurati ispunjenje zahtjeva kupca u određenom vremenu. Ovaj dio planiranja proizvodnje također služi kako bi se takvom raspodjelom posla moglo opskrbljivati i više kupaca odjednom. [10]

## 6. Primjena alata vitkog menadžmenta na proizvodljivo odabranom poduzeću

U sklopu ovog Završnog rada prikazati će se primjena jednog od alata vitke proizvodnje u proizvodljivo odabranom poduzeću, a alat će biti VSM (value stream mapping) odnosno „Mapiranje toka vrijednosti“. Riječ je poduzeću „ROTOMETAL promet d.o.o.“ iz Molvica pokraj Samobora, strojarskoj tvrtki koja se bavi proizvodnjom raznih čeličnih konstrukcija, kotlova za mjerne transformatore, steznika za energetske transformatore kao kooperant Konča – energetskim transformatorima. Kroz ovaj primjer biti će uzet jedan proizvod ili familija proizvoda koja treba slične postupke obrade te će za taj primjer napraviti mapiranje toka informacija i materijala, analizirati će se i nacrtati trenutno stanje i razradit će se mogućnosti poboljšanja te nacrtati buduće stanje.

### 6.1. Osnovni podaci o tvrtki

#### 6.1.1. Povijest tvrtke ROTOMETAL promet d.o.o.

Rotometal d.o.o. je obiteljska firma osnovana 1987. godine na tradiciji čuvenog samoborskog obrtništva. Smještena na obroncima samoborskog gorja. Zahvaljujući velikom broju obrtničkih radionica i industrijskih pogona ovo područje raspolaže kvalitetnim izvorom stručnih radnika. Kako sam vlasnik poduzeća kaže te sretne okolnosti omogućile su okupiti efikasan stručni tim, od inženjera i tehničara do kvalificiranih radnika, koji sa velikim uspjehom rješavaju različite zahtjeve poslovnih partnera. [11]

Danas, 2012. godine zapošljava 30 ljudi koji sinergijom iskustva i moderne tehnologije postižu najbolje rezultate na svim područjima proizvodnje. Kvalitetu proizvodnje dodatno potvrđuje ISO 9001 certifikat.



Slika 18. Lokacija proizvodnog pogona [S18]

### 6.1.2. *Proizvodni program tvrtke*

Proizvodni program je kroz povijest tvrtke bio veoma različit. U razgovoru sa vlasnikom i radnicima koji su od samih početaka u poduzeću saznao sam da su prvi proizvodi koji su se radili u proizvodnom pogonu bili plutajući sistemi za uzgoj ribe. Sav alat i svi strojevi u tom trenutku bili su prilagođeni tom proizvodnom programu.



Slika 19. Plutajući sistem za uzgoj ribe [S19]

Kasnije kada je tržište za te proizvode postalo sve manje odnosno konkurencija zbog uvoza sve jača poduzeće mijenja proizvodni program te se počinje baviti uređenjem interijera. Uređenje interijera je uključivalo izradu kovanih i balkonskih ograda, ograda za stepeništa, unikatne bravarije.



Slika 20. Uređenje interijera [S20]



Kretanjem u taj dio proizvodnje kupnja određenih strojeva bila je prekretnica i pravac kojim je tvrtka krenula i ostala sve do danas. Danas proizvodni program obuhvaća razne metalne konstrukcije, kotlove za mjerne transformatore, razne vrste steznika za energetske transformatore, unikatne proizvode odnosno rezervne dijelove koji su potrebni poduzećima koja imaju alatne strojeve itd.



**Slika 21. Kotlovi za mjerne transformatore [S21]**



**Slika 22. Steznik za energetske transformatore [S22]**



Slika 23. Pomična konstrukcija bazena [S23]

## 6.2. Mapiranje toka vrijednosti na konkretnom primjeru

U ovom radu analizirati će se proizvodni proces pružanja strojarske usluge vanjskom naručitelju, a to je u ovom slučaju bio „Končar KPT<sup>1</sup>“. Primjer je uzet je razloga što se ta usluga trenutno radi u poduzeću pa je s time bilo omogućeno praćenje procesa koje se iskoristilo za pisanje ovog rada.

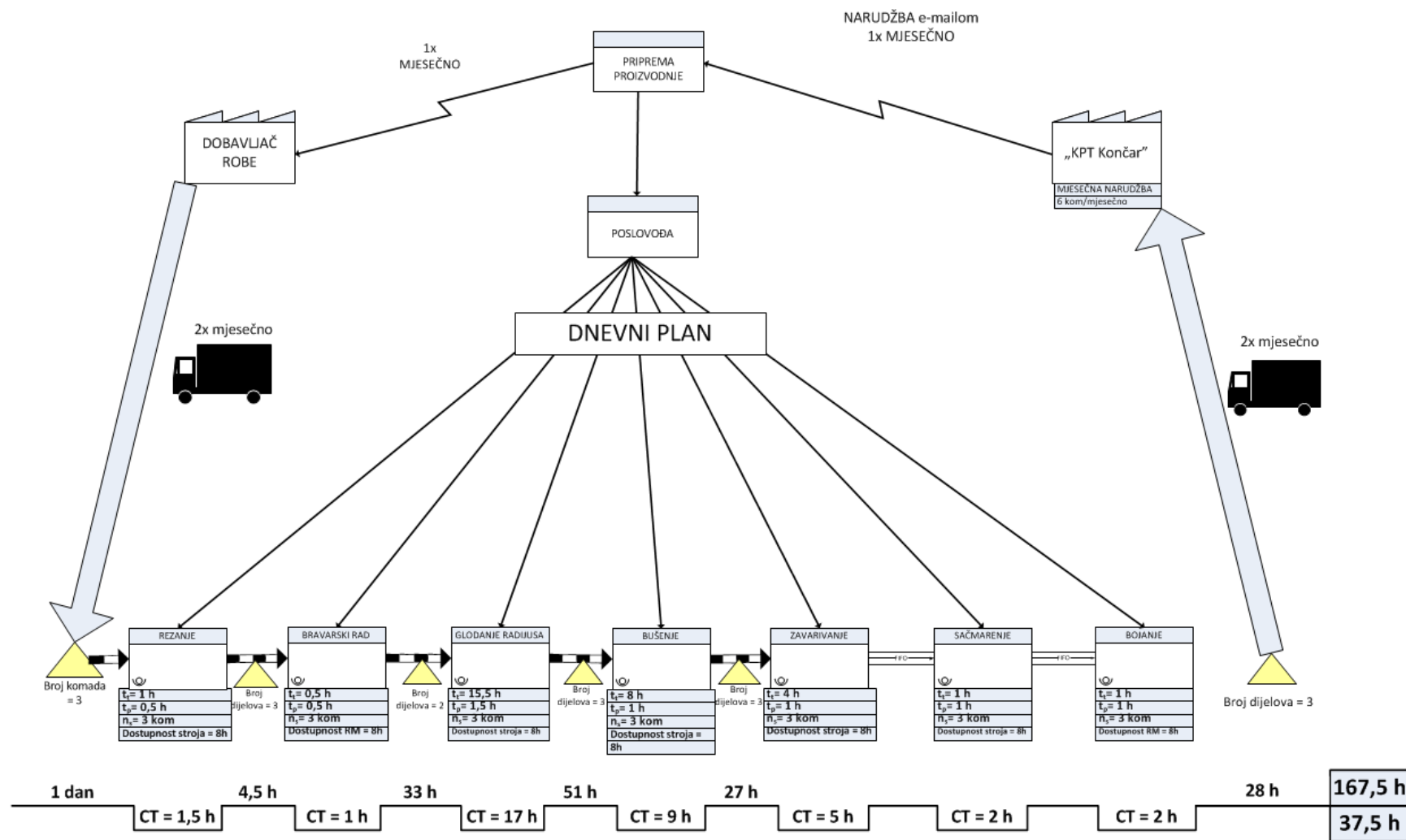
Za praćenje je uzet čelični proizvod težine cca. 3800 kg i dimenzija 6000 mm x 2000 mm i debljine 20 mm. Materijal se nabavlja dva puta mjesečno tako da se naručuju veće ploče koje su jeftinije te se iz njih izrezuju oblici zadanih dimenzija. Narudžba se vrši elektronskim tokom, razmjenom e-mailova, a dostava materijala vrši se cestovnim transportom, kamionom. Mjesečna narudžba jest šest komada te se ona isporučuje u 2 serije po 3.

Strojna usluga se sastoji od operacije rezanja koja se vrši na CNC upravljanoj stroju za plinsko rezanje. Nakon rezanja na zadane dimenzije ručnim alatom i brusilicama se skida srh koji je posljedica rezanja. Nakon skidanja srha potrebno je sve rubove koji su oštri poglodati na radijus od 21 mm. To glodanje rubova je poseban zahtjev zbog toga što kod toga što oštri vrhovi kod transformatora mogu izazvati kratki spoj. Nakon glodanja obradak se seli u halu gdje se nalazi radialna bušilica te bušilice sa magnetnim nastavkom koje služe za bušenje. Nakon što su izbušene rupe dolazi se do operacije zavarivanja koja je kod jednog dijela steznika kompleksna te zahtijeva sporije hlađenje pa zato i produžuje ciklusno vrijeme kod

---

<sup>1</sup> KPT – Končar Power Transformers

zavarivanja. Nakon zavarivanja i hlađenja zavara dolazi se do operacije sačmarenja. Sačmarenje je postupak izbacivanje metalne sačme iz turbine velikom brzinom (76 m/s). Za sačmarenje se koristi kombinacija lomljene i okrugle sačme. Sačmarenje se primjenjuje u metalnoj industriji za velike količine obradka ili za velike površine kao što je ovaj steznik. Nanošenjem zaštitnog premaza koje je po redoslijedu neposredno nakon sačmarenja postižu se najbolji rezultati antikorozivne zaštite. Cijeli proces od narudžbe do isporuke prikazan je na slici 22.



Slika 24. Mapa toka materijala i informacija zatečenog stanja



### 6.2.1. Opis procesa od narudžbe do isporuke: ZATEČENO STANJE

Kupac koji traži uslugu poduzeća mjesečno šalje narudžbe u poduzeće elektronskim putem sa svim zahtjevima i zadacima koje poduzeće treba ispuniti. Narudžba se zaprima te slijedi priprema proizvodnje. Ugovorom je definirana i potpisana narudžba za godinu dana unaprijed, te je proizvodnja već organizirana i strojevi su pripremljeni za rad. Kupac odnosno „KPT – Končar“ od tvrtke traži uslugu strojne obrade na dijelovima koji će se kasnije koristiti u proizvodnji i sklapanju energetskih transformatora. Proizvodnja je planirana od strane vlasnika poduzeća i poslovođe koji svaki dan ima dnevni plan pomoću kojeg se drži zadanih rokova isporuke. Poduzeće nakon što je zaprimilo narudžbu o količini proizvoda za određeni mjesec elektronskim putem kontaktira dobavljača materijala koji onda dostavlja materijal dan prije nego treba početi proizvodnja zadanog proizvoda. Roba se zaprima, ulazi u skladište i čeka novi radni dan.

Prva operacija je operacija rezanja. Pošto se operacija rezanja vrši jedna za drugom odnosno bez stajanja zbog toga što se iz gore navedenih povoljnijih financijskih razloga nabavljaju ploče velikih dimenzija te se iz jedne ploče operacijom rezanja dobivaju tri izrezana komada spremna za daljnju obradu. Ciklusno vrijeme za obradu jednog komada iznosi 1,5 sati.

$$CT = t_{op1} = t_{t1} + t_{p1}$$

$$CT = 1 \text{ h} + 0,5 \text{ h}$$

$$t_{op1} = 1,5 \text{ h/kom}$$

Sa oznakom  $t_t$  označavamo vrijeme koje je potrebno da bi se operacija izvršila i naziva se tehnološko vrijeme dok je sa oznakom  $t_p$  označeno vrijeme koje je potrebno da se komad koji se reže namjesti na stroj za rezanje i za upisivanje parametara rezanja te se ono naziva pomoćnim vremenom. U nastavku ćemo oznakom  $t_{uk}$  označiti ukupno vrijeme koje je potrebno da bi se izvršila određena operacija koja je u ovom slučaju rezanje. Ukupno vrijeme potrebno za izvršavanje operacije rezanja za 3 komada iznosi:

$$t_{uk1} = n \times t_{op1} = 3 \times 1,5$$

$$t_{uk1} = 4,5 \text{ h}$$

U okviru zadanog Završnog rada očekuje se da se predlože određena poboljšanja te da se smanje vremena čekanja na operacije i nakon obavljenih operacija. Pošto je operacija rezanja kod ovog primjera proizvodnje steznika za energetski transformator složena zbog toga što je kompletan sirovac položen na konstrukciju stroja za rezanje i nije moguće u isto vrijeme obrađivati sirovac za dva komada već je neizbježno čekanje ostalih komada dok se prvi komad obrađuje. Najdulje čeka 1 komad čije čekanje iznosi 4,5 h. Ovakva čekanja predstavljaju najveći problem te su direktan gubitak u procesu koje nastojimo izbjeći.

Sljedeća operacija koja slijedi u tehnološkom postupku obrade steznika je bravarski rad koja uključuje ručno skidanje srha nakon operacije rezanja. Bravarski rad slijedi tek nakon što je zadnji komad izrezan na prvom stroju.

$$CT = t_{op2} = t_{t2} + t_{p2}$$

$$CT = 0,5 \text{ h} + 0,5 \text{ h}$$

$$t_{op2} = 1 \text{ h/kom}$$

Ukupno ciklusno vrijeme za operaciju bravarskog rada iznosi sat vremena od čega je pola sata pomoćnog vremena odnosno vremena potrebnog za namještanje komada i pola sata potrebnog za skidanje srha koji je nastao rezanjem. Da bi se napravila kompletna serija potrebno vrijeme iznosi:

$$t_{uk2} = n \times t_{op2} = 3 \times 1 \text{ h}$$

$$t_{uk1} = 3 \text{ h}$$

Nakon bravarskog rada dolazi najduža i najzahtjevnija operacija, a to je operacija glodanja radijusa. Kod operacije glodanja ciklusno vrijeme za proizvodnju jednog proizvoda iznosi 17 h.

$$CT = t_{op3} = t_{t3} + t_{p3}$$

$$CT = 15,5 \text{ h} + 1,5 \text{ h}$$

$$t_{op3} = 17 \text{ h/kom}$$

Tehnološko vrijeme je dugačko zbog veličine komada obrade i iznosi 15,5 h, dok je za pripremu i pozicioniranje komada dovoljno 1,5 h. Da bi se napravila serija od 3 komada potrebno vrijeme iznosi:

$$t_{uk3} = n \times t_{op3} = 3 \times 17 \text{ h}$$

$$t_{uk1} = 51 \text{ h}$$

Na operaciju bušenja čeka se do završetka operacije glodanja na svim komadima zbog toga što je velika razlika u vremenskim trajanjima operacija bušenja i glodanja te bi čekanje nakon završetka bušenja nakon 9 h rada bilo predugo, odnosno:

$$t_{ček} = t_{op3} - t_{op4}$$

$$t_{ček} = 17 \text{ h} - 9 \text{ h}$$

$$t_{ček} = 8 \text{ h}$$

Nakon što se završi operacija glodanja sva tri komada kreće se na operaciju bušenja. Ciklusno vrijeme za operaciju bušenja iznose:

$$CT = t_{op4} = t_{t4} + t_{p4}$$

$$CT = 8 \text{ h} + 1 \text{ h}$$

$$t_{op4} = 9 \text{ h/kom},$$

a ukupno vrijeme za operaciju bušenja tri komada iznosi:

$$t_{uk4} = n \times t_{op4} = 3 \times 9 \text{ h}$$

$$t_{uk4} = 27 \text{ h}$$

Na sljedeću operaciju zavarivanja čeka se do završetka operacije bušenja zbog istog razloga, a taj je da operacija zavarivanja traje manje nego operacija bušenja te bi čekanje nakon napravljene operacije zavarivanja iznosilo 4 h, odnosno:

$$t_{ček} = t_{op4} - t_{op5}$$

$$t_{ček} = 9 \text{ h} - 5 \text{ h}$$

$$t_{ček} = 4 \text{ h}$$

Nakon što se završi operacija bušenja sva tri komada kreće se na operaciju zavarivanja. Ciklusno vrijeme za operaciju zavarivanja iznose:

$$CT = t_{op5} = t_{t5} + t_{p5}$$

$$CT = 4 \text{ h} + 1 \text{ h}$$

$$t_{op4} = 5 \text{ h/kom},$$

a ukupno vrijeme za zavarivanje tri komada iznosi:

$$t_{uk5} = n \times t_{op5} = 3 \times 5 \text{ h}$$

$$t_{uk3} = 15$$

Nakon što je završena peta operacija, slijedi operacija sačmarenja komada te nakon operacije nje slijedi operacija bojanja. Obje operacije rade se po principu FIFO tj. nema čekanja između operacija već je osiguran stalni protok. Ciklusno vrijeme operacije sačmarenja iznosi 2 h od čega je jedan sat potreban za pozicioniranje komada i pripremu, a drugi je potreban za samu obradu. Ciklusno vrijeme zadnje operacije, operacije bojanja iznosi 2 h od čega je jedan sat potreban za pripremu, a drugi za samu operaciju bojanja. Nakon što se završila zadnja faza izrade komad se mora sušiti 24 h. Iz toga slijedi da će u seriji od tri komada prvi komad čekati najdulje, odnosno duže za 4 h pošto je za pripremu i obavljanje operacije bojanja zadnja dva komada potrebno 4 h.

Krajnji rezultat analize postojećeg stanja proizvodnje je takav da ukupno vrijeme čekanja iznosi 136,5 h, a ukupno ciklusno vrijeme za izradu jednog proizvoda iznosi 37,5 h.

$$\eta = \frac{\text{vrijeme utrošeno za izradu 3 komada}}{\text{ukupno utrošeno vrijeme}}$$

$$\eta = \frac{CT_{uk} \cdot n}{CT_{uk} \cdot n + t_{čekUK}}$$

$$\eta = \frac{37,5 \cdot 3}{37,5 \cdot 3 + 167,5}$$

$$\eta = \frac{112,5}{280} \cdot 100\%$$

$$\eta = 0,2488$$

$$\eta = 24,88\%$$

Učinkovitost zatečenog procesa iznosi 24,88% te će se to nastojati povećati korištenjem VSM-a i drugih LEAN alata.

### **6.2.2. Prijedlozi za poboljšanje procesa i izrada mape BUDUĆEG STANJA**

Da bi predložili realna i izvediva poboljšanja trebalo je pomno analizirati kompletan proizvodni proces i odrediti kritična mjesta u procesu. Pošto se proces izrade transformatorskih steznika sastoji od čak sedam operacija te uz to još i od dogovora s dobavljačima i kupcima sigurno postoji prostora za poboljšanja i napredak. Poznavajući mnoštvo lean alata i detaljnijim upoznavanjem sa alatom mapiranja toka vrijednosti pokušat ću dati konstruktivne prijedloge koji bi se sastojali od konstantnih malih poboljšanja i ne prevelikog ulaganja novih sredstava pošto se nalazimo u vremenima globalne krize.

Prva je po redu operacija rezanja te se na nju čeka jedan dan. Pošto se naručivanje materijala događa jednom u mjesecu to čekanje moglo bi se izbjeći tako da se naručivanje materijala sa dobavljačem definira te odradi u točno zahtijevanom trenutku.

Da bi se eliminiralo čekanje od 24 h koristit će se alat „povlačeći KANBAN“ koji govori rukovoditelju materijalom da nabavi i osigura dijelove, odnosno da se ploča od koje se režu steznici dostavi u 9 h ujutro te se tako čekanje smanji sa 24 h na 2 h zbog toga jer proizvodnja počinje sa radom u 7 h. U razgovoru s radnicima došao sam do zaključaka da ciklusna vremena od operacije rezanja i operacije bravarskog rada nije moguće skratiti zbog financijskih razloga odnosno nemogućnosti da se naplate određene usluge. Tako je radnik koji radi na rezanju materijala rekao da bi rezanje plazmom umjesto plinskog rezanja skratilo vrijeme rada na pola sata po jednom komadu ali to da je to nepotreban trošak jer je plazma dosta skuplja od plinskog rezanja. Nakon prve dvije operacije i njihove analize dolazimo do dijela proizvodnog procesa koji traje najduže te će su tu probati uvesti neka rješenja kako bi se smanjila čekanja i smanjilo ciklusno vrijeme. Kada sam došao u proizvodnju i gledao redoslijed proizvodnje odmah mi je „zapeo za oko“ taj dio proizvodnje. U razgovoru s radnicima došao sam do informacije da se operacije glodanja radijusa i bušenja mogu raditi neovisno jedna o drugoj te mi je na pitanje zašto rade prvo glodanje kompletne serije koja zatim stoji dok se svi dijelovi je obrade dan odgovor da je to već njihova kolotečina i da su se oni tako naučili od početka. Moj prijedlog poboljšanja za ovaj dio proizvodnje su paralelni procesi. U tom slučaju bi nakon bravarskog rada jedan dio išao na glodanje radijusa dok bi drugi bio odmah raspoređen na operaciju bušenja. Cilj takvog rasporeda operacija je smanjenje vremena čekanja između operacija. Čekanje na operaciju bušenja bi se eliminiralo te bi vodeće vrijeme bilo vrijeme potrebno za glodanje radijusa. Radnik na glodalici mi je rekao da bi se povećanjem vrijednosti režima rada ciklusno vrijeme svakog komada moglo smanjiti za sat vremena te tako dolazimo do potrebnog vremena za jedan komad.

$$CT = t_{op3novo} = t_{t3} + t_{p3}$$

$$CT = 14,5 \text{ h} + 1,5 \text{ h}$$

$$t_{op3novo} = 16 \text{ h/kom}$$

te potrebno vrijeme za izradu tri komada iznosi:

$$t_{uk3} = n \times t_{op3} = 3 \times 16 \text{ h}$$

$$t_{uk1novo} = 48 \text{ h}$$

Kod operacije bušenja se došlo do zaključka koji je i sam vlasnik poduzeća potvrdio, a taj je da operacija bušenja oduzima previše vremena te da je spreman uložiti u novu magnetnu bušilicu koja bi skratila vrijeme potrebno za operaciju bušenja za pola, odnosno:

$$CT = t_{op4novo} = t_{t4} + t_{p4}$$

$$CT = 4 \text{ h} + 1 \text{ h}$$

$$t_{op4novo} = 5 \text{ h/kom},$$

a ukupno vrijeme za operaciju bušenja tri komada iznosi:

$$t_{uk4} = n \times t_{op4} = 3 \times 5 \text{ h}$$

$$t_{uk4novo} = 15 \text{ h}$$

Nakon uvođenja paralelnog odvijanja operacija i skraćanja vremena obrade povećanjem režima rada i ulaganjem u novu bušilicu sljedeći prijedlog poboljšanja procesa je uvođenje „supermarketa“ koji uz to označen pull strelicom označava da će se nakon paralelnog načina odvijanja procesa sljedeća operacija odvijati po pull sistemu. Tako bi se na čekanje prve police „supermarketa“ čekalo:

$$t_{pp1} = t_{op3novo} + t_{op4novo}$$

$$t_{pp1} = 16 \text{ h} + 5 \text{ h}$$

$$t_{pp1} = 21 \text{ h/kom}$$

Na punjenje druge police „supermarketa“ kombinacijom operacija odnosno bušenjem za vrijeme operacije glodanja dolazi se do vremena punjenja druge i treće police u vremenu čekanja od 11 h, odnosno ukupnim vremenom čekanja od 43 h što je naspram 78 h jako velika ušteda.

$$t_{pp2,3} = 11 \text{ h} + 11 \text{ h}$$

$$t_{pp2,3} = 22 \text{ h}$$

te je ukupno vrijeme čekanja za zavarivača koji za to vrijeme ima što raditi:

$$t_{ppuk} = 11 \text{ h} + 11 \text{ h} + 21 \text{ h}$$

$$t_{ppuk} = 43 \text{ h}$$

Zadnje dvije operacije su operacije sačmarenja i bojanja. Pomoću supermarketa ćemo riješiti njihov dio u procesu proizvodnje te prijeći na pull način rada. Nakon prijedloga o poboljšanjima, izračuna novih vremena i analize kombinacija određenih procesa na sljedećoj slici biti će dan prikaz budućeg stanja proizvodnog procesa.

Primjenom alata mapiranja toka vrijednosti i ostalih LEAN alata te manjim ulaganjima na kraju procesa dolazimo do rezultat koji nam daje vrijednosti od 81,5 h čekanja te 32,5 sata koja su potrebna da se izradi jedan proizvod. Primjena ovih alata vidljiva je i na iskoristivosti procesa koja se puno povećala te još više dala na važnosti primjene ovih tehnika u proizvodnji.

$$\eta = \frac{\text{vrijeme utrošeno za izradu 3 komada}}{\text{ukupno utrošeno vrijeme}}$$

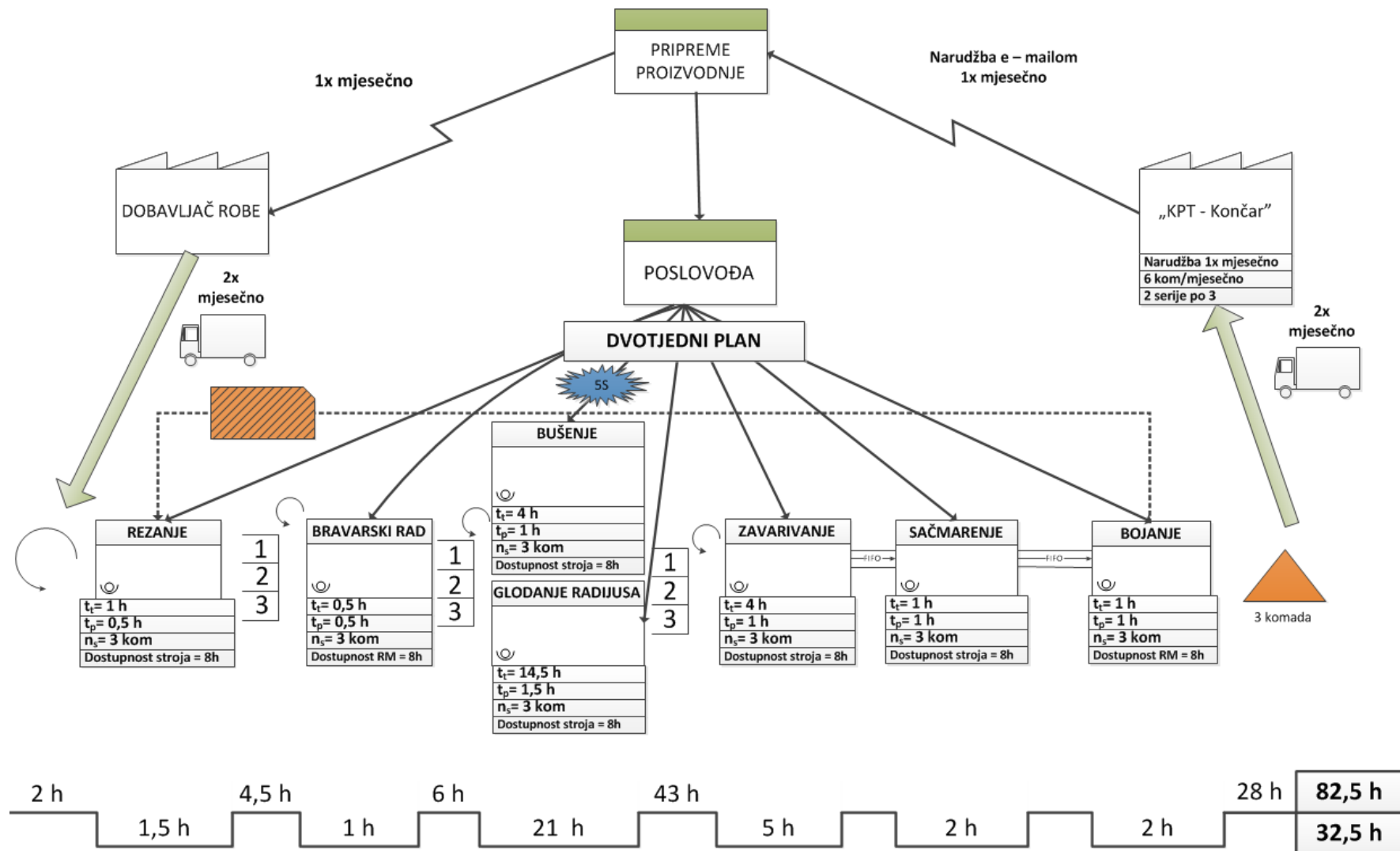
$$\eta = \frac{CT_{uk} \cdot n}{CT_{uk} \cdot n + t_{čekUK}}$$

$$\eta = \frac{32,5 \cdot 3}{32,5 \cdot 3 + 82,5}$$

$$\eta = \frac{97,5}{179} \cdot 100\%$$

$$\eta = 0,5416$$

$$\eta = 54,16\%$$



Slika 25. Prikaz mape budućeg stanja



### 6.3. Usporedba zatečenog i budućeg stanja

Pošto je zadatak ovo Završnog rada bio primijeniti alate lean proizvodne filozofije u praksi, usporedba zatečenog i budućeg stanja dati će nam rezultate i uvid u uspješnost primjene određenih alata, a najviše alata mapiranja toka vrijednosti.

Prvi korak u cijelom procesu primjene alata mapiranja toka vrijednosti bio je snimiti i prikupiti podatke koji će nam kasnije služiti za crtanje mape zatečenog stanja. Odlaskom u poduzeće „Rotometal promet d.o.o.“ i u razgovoru s zaposlenicima došao sam do podataka koji će u tablici biti napisani u koloni „ZATEČENO STANJE“. Analizom podataka iz kolone „ZATEČENO STANJE“ došao sam do mjesta u toku vrijednosti na kojima bi se primjenom nekih lean alata mogao poboljšati sam proces tako što bi se smanjila čekanja na operacije te tako smanjio taj čisti gubitak.

Prva primjena lean alata je bila već kod prve operacije. Alat koji se primijenio bio je „povlačeći KANBAN“ koji je javljao rukovoditelju materijalom da čim serija stigne na zadnju operaciju da treba kontaktirati dobavljača koji onda dostavlja materijal točno onda kada ga mi trebamo odnosno JIT (Just In Time), te se tako čekanje puno smanjilo. Druga veća ušteda napravila se tako da su se operacije bušenja i glodanja počele izvoditi paralelno. Njihovom međusobnom kombinacijom izbjegla su se duga čekanja na operaciju bušenja. Malo se povećalo čekanje na operaciju zavarivanja, ali je to u usporedbi sa čekanjem na operaciju bušenja i zavarivanja ranije nije toliko bitno. Na dnu u tablici prikazana su ukupna vremena koja pokazuju da je primjena alata vitke proizvodnje bila uspješna.

VRSTA AKTIVNOSTI	ZATEČENO STANJE	NOVO STANJE
Čekanje na operaciju rezanja	24 h	<b>2 h</b>
Ciklusno vrijeme operacije rezanja	1,5 h	1,5 h
Čekanje na operaciju bravarskog rada	4,5 h	4,5 h
Ciklusno vrijeme operacije bravarskog rada	1 h	1 h
Čekanje na operaciju glodanja	33 h	<b>1 h</b>
Ciklusno vrijeme operacije glodanja	17 h	16 h
Čekanje na operaciju bušenja	51 h	<b>4 h</b>
Ciklusno vrijeme operacije bušenja	9 h	5 h
Čekanje na operaciju zavarivanja	27 h	<b>43 h</b>
Ciklusno vrijeme operacije zavarivanja	5 h	5 h
Čekanje na operaciju sačmarenje	-	-
Ciklusno vrijeme operacije sačmarenja	2 h	2 h
Čekanje na operaciju bojanja	-	-
Ciklusno vrijeme operacije bojanja	2 h	2 h
Vrijeme potrebno za sušenje boje	28 h	28 h
UKUPNO VRIJEME ČEKANJA:	<b>167,5 h</b>	<b>81,5 h</b>
UKUPNO CIKLUSNO VRIJEME:	<b>37,5 h</b>	<b>32,5 h</b>

Tablica 2. Usporedba zatečenog i budućeg stanja

## 7. Zaključak

Tema ovog Završnog rada bila je „Mapiranje uslužnih procesa“ te se uz proučavanje i primjenu lean alata mapiranja toka vrijednosti velika pozornost posvetila procesnom pristupu poduzeću, glavnim načelima lean proizvodne filozofije te alatima kojima se ta proizvodna filozofija implementira unutar proizvodnih procesa. *Lean* nije tek alat koji se jednom implementira i tada služi potrebama, već je to prvenstveno način razmišljanja i način života. *Lean* je proizvodna filozofija koja iziskuje svakodnevna poboljšanja te se za ta poboljšanja koristi alatima: *5S*, *andon*, *jidoka*, *kaizen*, *kanban*, *poka yoke*, *SMED*, *value stream mapping*...

Mapiranje uslužnih procesa u praksi je razrađeno u poduzeću „Rotometal promet d.o.o.“ koje pruža strojarsku uslugu poduzeću „KPT – Končar“ kod izrade steznika za energetske transformatore. Proces provođenja mapiranja toka vrijednosti u praksi tekao je u nekoliko koraka: snimanje i prikupljanje podataka trenutnog stanja, zatim crtanje trenutnog stanja u programu MS VISIO, nakon crtanja mogla su se vidjeti kritična mjesta na koja se treba posebno obratiti pažnja. Pažnja se obratila na skraćivanje vremena čekanja pošto je čekanje čisti gubitak. Na kraju se čekanje uspješnom primjenom alata vitkog menadžmenta skratilo za više od 50%. Ukupna učinkovitost je na kraju povećana sa 24,88% na 54,16% što je jako dobar podatak i pokazatelj da bi ovakvom pristupu proizvodnji trebalo težiti u današnje vrijeme kada se od proizvođača traži izvrsnost, fleksibilnost i poštivanje rokova, a konkurencija sve veća zbog opće globalizacije. Lean pristup proizvodnji treba biti nit vodilja poduzećima jer se kontinuiranim malim poboljšanjima i svakodnevnim korištenjem lean alata mogu smanjiti proizvodni ciklusi, a samim time i cijena proizvoda te ostati konkurentan na tržištu.

**IZVORI SLIKA:**

- [S1, S6, S12] [http://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/20\\_09\\_2011\\_\\_14681\\_Upravljanje\\_znanjem\\_i\\_promjenama-Lean.pdf](http://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/20_09_2011__14681_Upravljanje_znanjem_i_promjenama-Lean.pdf)
- [S2] <http://carveyourdestiny.com/the-get-inspired-zone/the-inspiring-stories-of-famous-people/henry-fords-philosophy-for-getting-to-the-top/>
- [S3, S5, S14] [ftp://161.53.116.242/Predavanja\\_vjezbe\\_programi\\_rokovi/Upravljanje%20znanjem%20i%20promjenama/20\\_04\\_2011\\_\\_12766\\_Lean\\_pr\\_oizvodnja.pdf](ftp://161.53.116.242/Predavanja_vjezbe_programi_rokovi/Upravljanje%20znanjem%20i%20promjenama/20_04_2011__12766_Lean_pr_oizvodnja.pdf) Prof. Dr. sc. Nedeljko Štefanić i Nataša Tošanović: Lean proizvodnja
- [S4] <http://mfkg.kg.ac.rs/centri-fakulteta/centar-za-virtuelnu-proizvodnju/download/SZnanja/ProiStrat/2.%20Konkurentnost%20poslovnog%20sus-tava%20-%20tedencije%20razvoja.pdf>
- [S7] <http://www.leanglobal.org/publications/the-machine-that-changed-the-world/>
- [S8] <http://en.wikipedia.org/wiki/File:PDCA-Two-Cycles.svg>
- [S9] <http://www.flickr.com/photos/23692150@N04/2256921011/lightbox/>
- [S10] [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/aa/Floppy\\_disk\\_2009\\_G1.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/aa/Floppy_disk_2009_G1.jpg)
- [S11] [http://www.nwlean.net/ANDON\\_EXAMPLES.HTM](http://www.nwlean.net/ANDON_EXAMPLES.HTM)
- [S18 - S23] [www.rotometal.hr/galerija-proizvoda.html](http://www.rotometal.hr/galerija-proizvoda.html)

**LITERATURA:**

- [1] [http://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/20\\_09\\_2011\\_\\_14682\\_Osnove\\_menadzmenta-LEAN.pdf](http://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/20_09_2011__14682_Osnove_menadzmenta-LEAN.pdf)
- [2] Krajewski, J. Lee, Ritzman, P. Larry, Operations Management, 2005.
- [3] Materijali s predavanja "Upravljanje znanjem i promjenama - Lean proizvodnja" 20.04.2011., Prof,dr,sc, Nedeljko štefanić i Nataša Tošanović
- [4] [http://en.wikipedia.org/wiki/5S\\_\(methodology\)](http://en.wikipedia.org/wiki/5S_(methodology))
- [5] <http://www.velaction.com/lean-jidoka-definition/>
- [6] <http://www.poka-yoke.org.uk/>
- [7] [http://en.wikipedia.org/wiki/Single-Minute\\_Exchange\\_of\\_Die](http://en.wikipedia.org/wiki/Single-Minute_Exchange_of_Die)
- [8] [http://en.wikipedia.org/wiki/Andon\\_%28manufacturing%29](http://en.wikipedia.org/wiki/Andon_%28manufacturing%29)
- [9] [http://en.wikipedia.org/wiki/Value\\_stream\\_mapping](http://en.wikipedia.org/wiki/Value_stream_mapping)
- [10] Tapping, Don, Shuker, Tom, Value Stream Management for the Lean Office
- [11] <http://www.rotometal.hr>

